

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
FAKULTA TEXTILNÍ

Katedra: Katedra oděvnictví

Studijní program: Technologie a řízení odevnej výroby

**Sledování chování plošných textilií při tvarování a vlivu
vazby na ohybovou deformaci textile**

**Monitoring conduct of surface textile at shapinng and impact
of weave on the bending deformation of textile.**

Autor: Jana Zoššáková

Podpis:

Vedoucí práce: Ing. Katarína Zelová

Počet

stran	slov	obrázků	tabulek	pramenů	příloh
49	8361	19+12	7	23	1 (CD)

V Liberci dne 12.5.2008

Zadání

Zadání:

1. Proveďte rešerši zaměřenou na tvarovatelnost plošných textilií, změnu deformaci při tvarování, a objasněte princip teplotně časové superpozice.
2. Na základě teoretických znalostí stanovte experiment pro zjištění vlivu vazby na chování plošné textilie při tepelném tvarování.
3. Zjistěte vliv doby zatížení plošné textilie na změnu zotavení po tvarovacím procesu.
4. Vyjádřete změnu podílu elastické, viskoelastické a plastické deformace plošné textilie při tvarovacím procesu.

Literatura:

- [1] STANĚK, KUBIČKOVÁ, M.: *Oděvní materiály*, VŠST v Liberci,
- [2] ŠESTÁK, J., RIEGER, F.: *Přenosové jevy I, II*, ČVUT Praha 1972
- [3] DONG, X., ZHANG, J., AND ZHANG, Y., YAO, M.: *A study on the relaxation behavior of fabric's crease recovery angle*, international Journal of Cloathing Science and Technology, 2003.

Prohlášení

Byl(a) jsem seznámen(a) s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 o právu autorském, zejména § 60 (školní dílo).

Beru na vědomí, že TUL má právo na uzavření licenční smlouvy o užití mé BP a prohlašuji, že **s o u h l a s í m** s případným užitím mé bakalářské (prodej, zapůjčení apod.).

Jsem si vědom(a) toho, že užít své bakalářské práce či poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem TUL, která má právo ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, vynaložených univerzitou na vytvoření díla (až do jejich skutečné výše).

Bakalářskou práci jsem vypracoval(a) samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím bakalářské práce a konzultantem.

Dátum 12.5.2008

Podpis

POĎAKOVANIE

Ing. Katarína Zelovej za vedenie bakalárskej práce. Za trpezlivosť pri konzultáciách a pomoc pri riešení problémov ohľadne tejto práce

Firme Krümpers Slovensko za poskytnutie textílie k meraniu.

Anotace

Cílem bakalářské práce bylo provést rešerši na tvarovatelnost plošnej textilie, změnu deformaci při tvarování, a objasněte princip teplotně časové superpozice.

V teoretickej části je charakterizována tvarovatelnost plošných textilií a tvarovací proces. Tvarovatelnost plošnej textilie byla zkoumaná metodou uhlu zotavení. Byla objasněná definice deformace vzniknutých v době tvarování plošných textilií a též princip teplotně časové superpozice.

Na základe získaných teoretických znalostí byl stanovený experiment stanovení vlivu vazby, ohybové tuhosti, plošné hmotnosti, teploty a doby tvarování textilie. Byl určen podíl vzniklých deformací při tvarování

Klíčová slova

Tvarovatelnost textilií, měření úhlu zotavení, deformace, vliv vazby na ohybovou deformace textilie, teplotně časové superpozice

Annotation

The aim of this work is to provide the summary interested in formability of surface textile, modification of the deformation when forming, and also giving understanding of thermally timed superposition.

Theoretical part of the work characterizes the formability of the surface textile and forming process. Formability of the surface textile is explored by the method of an angle recovery. The definition of deformations developed at the time of forming of surface textile is described in more detail as well as principle of thermally timed superposition.

On the basis of gained theoretical knowledge the experiment is set up for assessment of weave influence, bending stiffness, surface weight, temperature and time needed for forming of textile. Proportion of created deformations is described for the forming process.

Key words

Formability of textile, measuring of angle of recovery, deformation, impact of weave on the bending deformation of textile, thermally timed superposition.

Obsah

1	TEORETICKÁ ČASŤ	11
1.1	Tvarovateľnosť	11
1.2	Tvarovací proces	11
1.3	Stanovenie tvarovateľnosti plošnej textílie	13
1.3.1	Meranie uhlu zotavenia	13
1.4	Frenkov modul pružnosti	15
1.5	Vlastnosti ovplyvňujúce tvarovanie	17
1.5.1	Teplo	17
1.5.2	Tepelná vodivosť	18
1.5.3	Tepelný odpor	18
1.5.4	Tepelná kapacita	19
1.5.5	Väzba tkaniny	19
1.5.6	Dostava tkaniny	19
1.5.7	Hrúbka materiálu	19
1.5.8	Tuhosť v ohybe	20
1.5.9	Plošná merná hmotnosť	20
1.5.10	Pružnosť vlákien	20
1.5.11	Vplyv klimatických podmienok	20
1.5.12	Modul pružnosti textílie	20
1.6	Termické vlastnosti vlákien	21
1.6.1	Termostabilita a termofixácia vlákien	22
1.6.2	Fyzikálne stavy polymérov	22
1.7	Tvarovateľnosť textílie podľa materiálového zloženia	23
1.8	Charakteristika polyesterových vlákien	23
2	DEFORMÁCIA PLOŠNÝCH TEXTÍLIÍ	25
2.1.1	Typy deformácií	25
2.2	Elastická deformácia	25
2.2.1	Elastická látka	25
2.3	Viskoelastická deformácia	26
2.3.1	Viskózna látka	27
2.3.2	Viskoelastická látka	27
2.4	Plastická (trvalá) deformácia	28
2.5	Tepelne – časová superpozícia	29
3	EXPERIMENTÁLNA ČASŤ	30
3.1	Charakteristika skúmaného materiálu	30

3.2	Charakteristika použitých zariadení pre experiment	31
3.2.1	Zisťovanie hrúbky materiálu	31
3.2.2	Zisťovanie ohybovej tuhosti materiálu	32
3.2.3	Snímanie a meranie uhlu zotavenia	32
3.3	Vyhodnotenie experimentu	34
3.3.1	Stanovenie vplyvu väzby na tvarovateľnosť	34
3.3.2	Stanovenie vplyvu teploty na tvarovateľnosť plošnej textílie	37
3.3.3	Stanovenie vplyvu doby tvarovania na zotavenie plošnej textílie	39
3.3.4	Vyjadrenie podielu deformácie	40
	ZÁVER	44
	POUŽITÁ LITERATÚRA	46
	ZOZNAM OBRÁZKOV	47
	Zoznam grafov	47
	Zoznam tabuliek	48
	PRÍLOHY A SÚBORY	49

Použité skratky

symbol	jednotka	význam
ε_C	[%]	celková deformácia
ε_E	[%]	elastická deformácia
ε_Z	[%]	zotavená deformácia
ε_P	[%]	plastická deformácia
s	[m ²]	plocha žehličky
m	[kg]	hmotnosť
F	[N]	sila
T	[°C]	teplota
t_z	[s]	doba zaťaženia
t_0	[s]	doba odláhčenia
B_s	[Nm ²]	ohýbacia tuhosť
α_{1440}	[°]	uhol zotavenia po 24 hod.
m	[kg]	hmotnosť
l	[m]	dĺžka vzorku
Q	[J]	teplo
λ	[Wm ⁻¹ K ⁻¹]	súčiniteľ tepelnej vodivosti
R	[K.J ⁻¹]	tepelný odpor
c	[J/kg. K]	tepelná kapacita
ρ_s	[kg.m ⁻²]	plošná hmotnosť
S	[m ²]	plocha
α_0	[°]	počiatočný uhol po odláhčení
α_1	[°]	zotavený uhol
c_r	[-]	rýchlostná konstanta
α_{60}	[°]	uhol zotavenia po 60min.
α_5	[°]	uhol zotavenia po 5min.
E	[Pa]	ohýbací modul pružnosti
I_x	[kg.m ²]	moment zotrvačnosti
h	[m]	hrúbka materiálu
b	[m]	šírka materiálu
Q_n	[%]	kvalitné číslo
Q_c	[-]	celkové komplexné kritérium
Q_1	[-]	hodnota ohýbacieho modulu
Q_2	[-]	hodnota kvality
Q_3	[-]	hodnota celkovej deformácie

n_i	[-]	počet skúmaných vlastností
Q_i	[-]	kvalita zo skúmaných vlastností
X_D	[-]	zaniknutá hodnota
X	[-]	nameraná hodnota vlastností
η	[-]	dynamická viskozita
t	[s]	čas
ΔT	[°C]	rozdiel teplot
dt	[°C]	teplota ohriatej textílie
dQ	[°C]	dodané teplo textílii
σ	[Pa]	napätie
γ	[Pa]	šmyková deformácia
τ	[Pa]	dotyčné napätie

ÚVOD

V dnešnej dobe je v odevníctve veľká konkurencia, preto pri zhotovovaní nových materiálov treba dbať na zaistenie čo najlepších užívateľských vlastností. Medzi ktoré patrí i tvarovateľnosť. Tvarovací proces nás sprevádza po celú dobu výrobného procesu výrobku a tým pádom materiál, z ktorého je daný odev zhotovený, musí byť vopred skúmaný ako sa chová pri deformácií. Pri pôsobení tepla, tlaku a po určitý čas na plošnú textíliu, sa mení jej vzhľad a štruktúra. Na vytváranú deformáciu sa podieľa veľmi mnoho faktorov, ktoré spolu súvisia už od prvotnej tvorby vlákien, z ktorej je tvarovaná textília zhotovená. Väzba, dostava, ohybová tuhosť, plošná hmotnosť materiálu, sú ovplyvniteľné faktory pri deformácií. Vplyvom teploty a doby zaťaženia sa veľkosť ohybovej deformácie plošnej textílie mení.

Cieľom bakalárskej práce bolo stanoviť experiment pre vyhodnotenie tvarovateľnosti plošnej textílie pomocou metódy snímania uhlu zotavenia. Na základe nasnímaného uhlu, bolo treba stanoviť vplyv väzby, teploty a doby zaťaženia na tvarovateľnosť a zistiť podiel elastickej, viskoelastickej a plastickej deformácie, ktoré vzniknú pri tvarovaní plošnej textílie

1 Teoretická časť

Teoretická časť sa zaoberá tvarovateľnosťou, vplyvmi materiálových a mechanicko fyzikálnych vlastností materiálu, ktoré ovplyvňujú tvarovateľnosť plošných textílií. Ďalším bodom je teoreticky vyjadriť deformácia a jej druhy, ktoré nastanú po odľahčení zaťaženej textílie. Ďalej bude v teoretickej časti vyjadrená časovo teplotná superpozícia

1.1 Tvarovateľnosť

Tvarovateľnosť [3] sa zaraďuje medzi deformačné vlastnosti, ktoré vyjadrujú stav, kedy je plošná textília systematicky alebo náhodne zdeformovaná. Vonkajším pôsobením sily na materiál vzniká lom a doba pôsobenia zaťaženia a pôsobiaca teplota vytvorí priestorovú deformáciu. Lom sa vytvorí súčasným vplyvom teploty a vlhkosti

Tvarovateľnosť závisí na:

- tepelno-fyzikálnych a mechanických vlastnostiach
- podmienkach tvarovateľnosti
- potrebe uchovať dosiahnutý tvar

Tvarovateľnosť ďalej súvisí s celkovou pružnosťou textílie. Každá deformácia je podľa súčtom elastických a plastických deformácií, poprípade ich zotavenia podľa vzťahu1. [10]

$$\mathcal{E}_c = \mathcal{E}_E + \mathcal{E}_Z + \mathcal{E}_P, \quad (1)$$

kde \mathcal{E}_c je celková deformácia, \mathcal{E}_E elastická deformácia ktorá, predovšetkým závisí na veľkosti pôsobiacej sily, času zaťaženia a fyzikálnych podmienkach sprevádzajúce deformáciu (teplota, vlhkosť). Zotavená deformácia \mathcal{E}_Z je spôsobená zotavovacou schopnosťou textílie. Plastická deformácia \mathcal{E}_P závisí na množstve väzieb vo vláknoch, ktoré boli trvalo deformované.

1.2 Tvarovací proces

Tvarovanie predstavuje tepelný a vlhkotepelný proces, pri ktorom nastáva zmena v tvarovej stálosti a zlepšuje sa konečný estetický vzhľad či už zhotoveného odevu, alebo danej textílie. Tvarový proces je využívaný v celom výrobnom procese.

Tvarovanie sa zaraďuje medzi mechanicko fyzikálny, alebo fyzikálne chemický proces, ktorý napomáha k vytvoreniu požadovaného rovinného, alebo priestorového útvaru. Na materiál pôsobíme určitou silou a teplotou po dobu t . Procesom dosiahneme zmeny na požadovaný tvar. Pôsobiacia sila musí byť vždy väčšia ako sila vo vnútri materiálu [2].

Tvarovací proces závisí na tepelne fyzikálnych a mechanických vlastnostiach materiálu, podmienkach tvarovania (teplote, času, pôsobiacej sile a vlhkosti) a potrebe zachovania dosiahnutého tvaru.

Jednotlivé prvky tvarovania

- dekatovanie
- plisovanie
- podlepovanie
- žehlenie

Dekatovanie

Používa sa pre zaistenie tvarovej a rozmernej stálosti. Na materiál pôsobíme teplom a parou.

Plisovanie

Jedná sa o skladanie materiálu, ktoré sa zaistí pôsobiacim teplom a tlakom. Ide výhradne o módnu záležitosť a plisuje sa pred, alebo na konci odevného procesu.

Podlepovanie

Pôsobením teploty, tlaku a určitým časom nastane trvalé spojenie vrchového materiálu s výstužnou vložkou za pomoci termoplastických pojív. Dosiahneme tvarovú stálosť a pružnosť podlepenej časti.

Žehlenie

Žehlenie umožňuje doceliť požadovaný tvar a vzhľad výrobku. Jedná sa o tepelný, alebo vlhkotepelný proces, kde pôsobíme po určitú dobu, teplom a tlakom. Žehlenie rozlišujeme na medzioperačné a konečné. Medzioperačné je využívané pri spojovacom procese a úlohou konečného je zaistiť odevnému výrobku konečný tvar a estetický vzhľad. Tepelné žehlenie sa používa u materiáloch, kde sa netvorí lesk, alebo kde by pôsobením pary došlo k zvrásneniu materiálu. Vlhkotepelné žehlenie sa využíva u materiáloch, ktoré majú vlnársky charakter, alebo pre syntetické materiály.

Pracovné prostriedky k žehleniu sa delia na

- ručné : žehličky
žehliace telesá

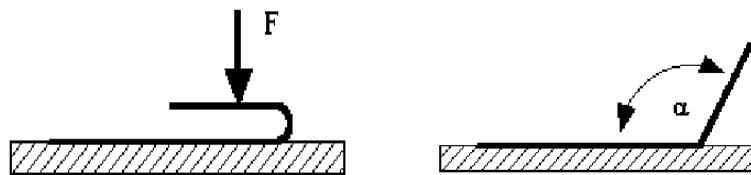
- žehliace dosky a stoly
- strojové: žehliace stroje
 - figuríny
 - dožehlovacie stroje
 - zažehlovače

1.3 Stanovenie tvarovateľnosti plošnej textílie

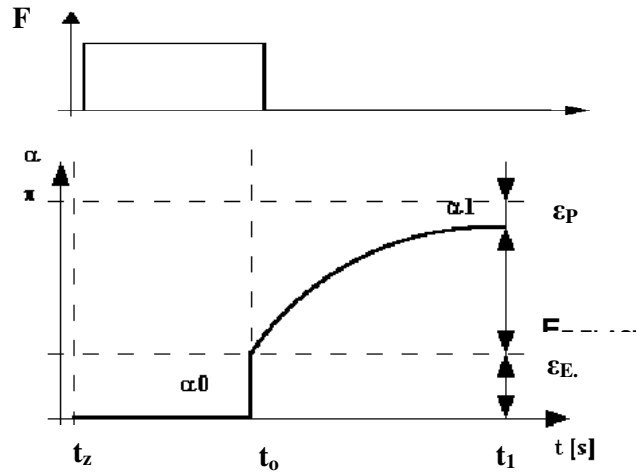
Tvarovateľnosť je možné merať viacerými spôsobmi. Najpoužívanejšia metóda je za pomoci merania uhlu zotavenia, ktorá bolo využitá aj v experimentálnej časti. Táto metóda súvisí i s ďalšími spôsobmi, ako napríklad k vyjadreniu Frenkovho modulu pružnosti. Niektoré veličiny, ako je napríklad počiatočný uhol zotavenia pri meraní nie je možné namerať, tak ich treba numericky dopočítať.

1.3.1 Meranie uhlu zotavenia

Doposiaľ najbežnejšou metódou merania tvarovateľnosti je meranie uhlu zotavenia. Princíp skúšky [4] spočíva v ohybu a zaťaženie normovanej veľkosti materiálu. Na vzorku pôsobíme silou F závažia o hmotnosti m a po určitú dobu teplotou T (obr.1). Vzorku necháme zaťaženú po dobu t_z a po uplynutí doby zaťaženia vzorku odľahčíme. Tento moment značíme ako t_0 , kde začneme pozorovať zotavenie vzorku. V čase $(t_1 - t_0)$ sa vzorka narovná o uhol α_0 , ktorý nám predstavuje okamžitú elastickej deformácie ε_E . So stúpajúcim časom sa uhol zotavenia zväčšuje až do dosiahnutia dosiahnutej konštantnej hodnoty. Rozdielom uhlu α_1 a α_0 vypočítame uhol elastickej deformácie zotavenia $(\alpha - \varepsilon_Z)$, ktorý je ekvivalentom zotavenej elastickej deformácie ε_Z . Rozdiel $(\pi - \alpha_1)$ vyjadruje zbytkový uhol, ktorý je na vzorku trvalý a je charakterizovaný ako plastická deformácia ε_P (obr 2) [10].



Obrázok 1- Znáznornené meranie uhlu zotavenia [4]



Obrázok 2- Priebeh deformácie po odľahčení vzorku [4]

Priebeh krivky na obr 2 predstavuje zotavenie zaťaženého vzorku. Uhol α_0 sa používa v Sommerovej metóde pre výpočet uhlu zotavenia. Uhol úplného zotavenia sa vypočíta podľa vzťahu 2.

$$\alpha = \alpha_0 (10^2 t_z)^{c_R}, \quad (2)$$

kde t_z je čas zotavenia a c_r vyjadruje rýchlostnú konštantu zotavenia. Uhol okamžitého odľahčenia α_0 je vypočítaný podľa vzorca 3.

$$\log \alpha_0 = \log \alpha_{60} - 3,5 \log \frac{\alpha_{60}}{\alpha_5}, \quad (3)$$

kde α_{60} je uhol zotavenia po 60 minútach relaxácie a α_5 je uhol nameraný po 5 minútach relaxácie vzorku.

Pre úplné zotavenie sa spočíta zotavovací čas τ podľa vzorca 4.

$$\tau = \frac{c_R \sqrt[3]{\frac{180}{\alpha_0}}}{6 \cdot 10^3} \quad (4)$$

1.4 Frenkov modul pružnosti

Podľa [9] bolo stanovené, že meranie tvarovateľnosti môže byť vyjadrené na základe rôzneho skúmania textílie a to cez hodnotu ohýbaného modulu, alebo na základe hodnoty kvalitného čísla. Ďalšia možnosť je určenie hodnoty ohýbacích deformačných súčastí. Zo všetkých meraných hodnôt sa ustanovil Frenkov model pružného chovania textílie. Všetky namerané výsledky zisťovania pružnosti textílie sa skĺbia a vypočíta sa komplexné kritérium kvality meraného materiálu.

Metódy k vyjadreniu Frenkovho modulu:

- Stanovenie hodnoty ohýbacieho modulu
- Stanovenie hodnoty kvalitného čísla
- Stanovenie hodnoty ohýbacích deformačných súčastí

Stanovenie hodnoty ohýbacieho modulu

Metóda stanovenia hodnoty ohýbacieho modulu je vytvorená na stanovení výpočtov, ktoré vytvoria prvý bod k stanoveniu komplexného kritéria kvality materiálu. Tvarovanie plošnej textílie je v prvej fáze sledovaná cez hodnotu ohýbacieho modulu E .

$$E = \frac{B_s}{I_x}, \quad (5)$$

kde B_s je ohýbacia tuhosť a I_x hlavný moment zotrvačnosti povrchu. Hlavný moment zotrvačnosti povrchu dostaneme zo vzťahu 6.

$$I_x = \frac{bh^3}{12}, \quad (6)$$

kde b vyjadruje šírku meraného vzorku a h hrúbku materiálu

Ďalšou hodnotu ktorú musíme zistiť, aby sme dostali hodnotu kvality materiálu je stanovenie hodnoty kvalitného čísla, ktoré určíme za pomoci nameraných uhlov pri zotavovaní vzorku materiálu.

Stanovenie hodnoty kvalitného čísla

Metóda je založená na meraní uhlu zotavenia, ako je spomenuté v kapitole 1.3.1. Doba zaťaženia vzorky je 60 minút a po odľahčení závažia sa uhol zotavenia α meria v intervaloch 5min α_5 , 60 min α_{60} a 1440min α_{1440} . Čím je uhol zotavenia väčší, tým je materiál viac odolný tvarovateľnosti. Uhol, ktorý je vytvorený hneď po odľahčení

závažia α_0 je veľmi zložitá namerať presne. Pre tento uhol je vytvorený vzťah 3. Ďalším indikátorom určenia kvality tvarovateľnosti je určenie kvalitného čísla Q_n podľa vzorca 7.

$$Q_n = \frac{\alpha_0 \alpha_{60}}{324} . \quad (7)$$

Kvalitné číslo Q_n určí hodnotu, ktorá predstavuje zotavenie materiálu. Čím je jeho veľkosť vyššia, tým je lepšia schopnosť materiálu sa zotaviť.

Stanovenie hodnoty ohýbacích deformačných súčastí

Veľkosť elastickej deformácie ε_e je stanovená na základe vypočítaných hodnôt počiatočného uhlu α_0 v momente odľahčenia. Veľkosť plastickej deformácie ε_p je stanovená na základe nameranej hodnoty uhlu zotavenia α_{1440} po 1440 min (24 hod). Podiel plastickej a elastickej deformácie vyjadruje viskoelastická deformácia. Dosiahnuté hodnoty sa prepočítavajú v percentách.

Pri vyhodnotení celého komplexného kritéria Q_c skúmanej vzorky materiálu využijeme hodnoty ohýbacieho modulu, kvalitného čísla a celkovej deformácie. Pre výpočet komplexného kritéria Q_c je využívaný vzorec 8.

$$Q_c = \frac{3}{\frac{1}{Q_1} + \frac{1}{Q_2} + \frac{1}{Q_3}} , \quad (8)$$

kde Q_1 je vyjadrené ako hodnota ohýbacieho modulu, Q_2 hodnota kvality a Q_3 hodnota celkovej vracajúcej sa deformácie. V obecnom prípade, dostaneme komplexné kritérium Q_c zo vzťahu 9.

$$Q_c = \frac{\sum n_i}{\sum \frac{1}{Q_i}} , \quad (9)$$

kde n_i je celkový počet skúmaných vlastností a Q_i kvalita vyjadrená cez hodnotu skúmaných vlastností. Úplná kvalita textílie je vypočítaná podľa vzťahu 10.

$$Q = \frac{X_D}{X} (X > X_D) , \quad (10a)$$

$$Q = \frac{X}{X_D} (X < X_D) , \quad (10b)$$

kde X_D zaniknutá hodnota, X nameraná hodnota skúmaných vlastností. Vypočítaná hodnota komplexného kritéria je rozdelená do štyroch skupín.

- 1,00-0,76 vynikajúca kvalita
- 0,75- 0,51 dobrá
- 0,50-0,26 uspokojujúca
- 0,25-0,00 špatná

1.5 Vlastnosti ovplyvňujúce tvarovanie

Pri tvarovaní na materiál pôsobí veľa aspektov, ktoré ovplyvňujú tvárnosť plošnej textílie. Teplota, vlhkosť a doba zaťaženia sú hlavné podmienky pre tvarovanie. Či už ide o mechanicko-fyzikálne vlastnosti, alebo vlastnosti plošnej textílie. Je veľmi dôležité ich brať do popredia.

1.5.1 Teplo

Pri tvarovaní je pôsobenie tepla dôležité. Pôsobením tepla na tvarovanú textíliu dosiahneme vyššiu hodnotu deformácie. Na základe zamerania bakalárskej práce bolo zrovnávanie závislosti teploty na tvarovateľnosť plošných textílii resp. tkaniny zo 100% PL

Teplo je časť vnútornej energie, ktorú pri tepelnej výmene odovzdáva druhému chladnejšiemu telesu[20]. Vyjadruje sa ako fyzikálna veličina Q . Okrem počiatočného a konečného stavu telesa, závisí na spôsobe procesu. Dodaním tepla sa mení teplota telesa a rovnako jeho fyzikálne vlastnosti. Rastúcou teplotou rastie podiel plastickej deformácie a teda klesá pevnosť a rastie ťažnosť. Vplyv je podobný ako pri vplyvu rýchlosti deformácie. [3]

Teplo sa šíri.

- vedením (pri tuhých látkach, molekuly do seba narážajú)
- prúdením (kvapalina a plyn, náraz molekúl je skĺbený s ich pohybom)
- sálaním (plyn, vákuum, teplo prechádza tepelným žiarením a priestor vytvorený medzi zdrojom a telesom sa neohrieva)

Pri žehlení sa teplo šíri vedením a prúdením. Pri vedení tepla musí byť zároveň použitá para. S dodávaním pary sa zvyšuje vlhkosť textílie a žehlenie je efektívnejšie.

Mechanicko-fyzikálne vlastnosti [11], ktoré ovplyvňujú tvarovateľnosť sa zaoberajú teplom. Medzi najdôležitejšie patria:

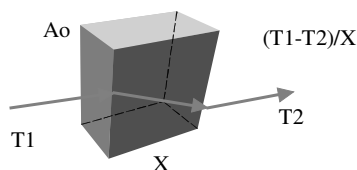
- tepelná vodivosť
- tepelný odpor
- tepelná kapacita

1.5.2 Tepelná vodivosť

Tepelná vodivosť λ je schopnosť látky viesť teplo a predstavuje rýchlosť s akou sa teplo šíri z jednej zahriatej časti látky do iných chladnejších častí. Charakterizovaná je súčiniteľom tepelnej vodivosti. Rýchlosť toku tepla je úmerná od rozdielu teplôt na vstupe, výstupe a taktiež hrúbky materiálu (vzťah 11) [22].

$$\frac{Q}{t} = \lambda S_0 \frac{\Delta T}{h}, \quad (11)$$

kde Q je množstvo tepla, t čas, S plocha materiálu, ΔT rozdiel teplôt, h hrúbka materiálu a λ súčiniteľ tepelnej vodivosti.



Obrázok 3- Tepelná vodivosť

1.5.3 Tepelný odpor

Tepelný odpor [7] vyjadruje odpor materiálu voči priechodu tepla. Plošný tepelný odpor R vyjadruje hodnotu množstva tepla, ktoré prejde za určitú časovú jednotku celou vrstvou materiálu, pričom teplotný spád je jednotkový. Tepelný spád je jednotkový a vypočíta sa podľa vzťahu 12.

$$R = \frac{\Delta T}{Q} = \frac{h}{\lambda}, \quad (12)$$

kde R je tepelný odpor, ΔT rozdiel teplôt, Q množstvo tepla, h hrúbka materiálu a λ tepelnej vodivosť. Tepelný odpor závisí na hrúbke h , tepelnej vodivosti materiálu λ . Je tu priama úmera rastu hodnoty tepelného odporu a izolačnej schopnosti textílie[11].

1.5.4 Tepelná kapacita

Jedná sa o teplo, ktoré je nutné predať do 1 kg textílie, aby sa ohriala o 1°C. Merná tepelná kapacita c predovšetkým závisí na druhu látky a na teplote [11]. Vzťah pre merné teplo popisuje vzorec 13.

$$c = m^{-1} \frac{dQ}{dt}, \quad (13)$$

kde c vyjadruje mernú tepelnú kapacitu, m hmotnosť textílie. Textília bola ohriata o teplotu dt , kde dQ predstavuje teplo, ktoré bolo dodané textílii.

Pri tvarovateľnosti je veľmi dôležité, brať ohľad na vplyv materiálových vlastností. Každá z vlastností materiálu je veľmi dôležitá a všetky zároveň spolu súvisia. Samozrejme, že nejde iba o väzbu, dostavu, hrúbku materiálu ale jedná sa aj o ohyb, pružnosť vlákien a zároveň na tvarovateľnosť majú vplyv aj klimatické podmienky.

1.5.5 Väzba tkaniny

Väzba tkaniny je vzájomné preväzovanie útkových a osnovných nití. Rôzne preväzovanie vytvára väzby ako napríklad plátňová, keprová alebo atlasová. Ak porovnáваме medzi sebou dve tkaniny s rôznou väzbou (napr. plátno a atlas) a s rovnakými vlastnosťami (dostavou, jemnosťou nití, materiálového zloženia) zistíme, že tkanina s väčším počtom väzných bodov bude tvarovaná vo väčšej miere [8].

1.5.6 Dostava tkaniny

Dostava tkaniny nám udáva počet nití textílie na plochu 10cm² [12]. Pri tvarovateľnosti platí, že čím vyššia je dostava (pri rovnakých parametroch textílie), tým tuhosť rastie a tvarovateľnosť tkaniny sa znižuje.

1.5.7 Hrúbka materiálu

Hrúbka materiálu je kolmá vzdialenosť cez lícnu a rubnú stranu textílie, pri danom zaťažení. K dobrej tvarovateľnosti je väčšia hrúbka tkaniny neprípustná.

1.5.8 Tuhosť v ohybe

Tuhosť v ohybe [12] je vyjadrená ako odpor voči pohybu, ktorý môže byť vyvolaný vonkajšími silami, alebo vlastnou tiažou. Vzniknutý odpor, je súčtom všetkých trecích a súdržných síl, ktoré pri ohybu vznikajú medzi vláknami a niťami vo väzných bodoch. Z toho vyplýva, že tkaniny s vyššou dostavou dosiahnu vyššiu tuhosť.

1.5.9 Plošná merná hmotnosť

Plošná hmotnosť je hmotnosť 1 m² textílie. Pri mernej hmotnosti platí, že plošná textília s väčšou plošnou hmotnosťou je zároveň ťažšia a naopak. Materiál s menšou hmotnosťou je lepšie tvarovateľný. Plošná hmotnosť sa dá vyjadriť vzťahom 14.

$$\rho_s = \frac{m}{S} = \frac{m}{l \cdot b}, \quad (14)$$

kde ρ_s je plošná hmotnosť, m hmotnosť plošnej textílie, S plocha textílie, l je dĺžka vzorku a b je šírka vzorku

1.5.10 Pružnosť vlákien

Pružnosť vlákien [21] je schopnosť, sa vo väčšej, alebo menšej miere vrátiť po deformácií do pôvodných stavu. Vo vláknach po cyklickom zaťažovaní a odľahčovaní zostáva určitá trvalá deformácia. Dokonale elastické vlákno by sa vracalo späť rovnakou cestou do pôvodného stavu i do pôvodného rozmeru. U nedokonale pružných vlákien sa uvoľní len časť energie vlozenej do vlákna pri deformácii.

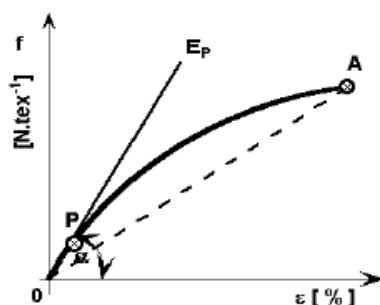
1.5.11 Vplyv klimatických podmienok

Pri meraniach parametrov plošnej textílie, sa musia brať do úvahy klimatické podmienky, aby bolo meranie objektívne. Zvýšenie teploty a vlhkosti má znamenitý vplyv na pevnosť, pružnosť a ohybovú tuhosť. Pri zvýšení vlhkosti, alebo teploty klesá pevnosť a zvyšuje sa ťažnosť. Pri tvarovaní textílie má teplota a vlhkosť neodmysliteľný vplyv.

1.5.12 Modul pružnosti textílie

Počiatočný modul [1] je definovaný ako prvá derivácia funkcie ťahovej a pracovnej krivky. Jedná sa o smernicu dotýčnice ku krivke v počiatku. Modul sa

vyjadruje ako odpor materiálu voči deformácii a zväčša sa konštruuje graficky. Zmeriame uhol α a z neho vypočítame $\tan \alpha$. Na obrázku 4 je vyznačený bod P, kde dotyčnica v počiatku opúšťa ťahovú krivku, potom ju definujeme ako mezdu pružnosti [4]. V rôznych typoch mechanických skúšok je možné stanoviť rôzny modul, napríklad v ťahu alebo šmyku. Čím je modul textílie vyšší, tým vyššieho napätia je treba, aby sme danú deformáciu vytvorili. Podľa vyjadrenia Stančka vo vláknach existuje určitá anizotropie, ktorá sa prejavuje tým, že moduly v smere osy vlákna sú radovo väčšie, ako moduly v smere kolmom na osu vlákna. U polymérov sa zväčša modul pružnosti vyjadruje v jednotkách MPa. Na obrázku 5 je znázornený modul pružnosti pre PES a PAD vlákna. [3]



Obrázok 4- Bod P na ťahovej krivke textílie

1.6 Termické vlastnosti vlákien

V textilných materiáloch spracované Stančkom [21] sú vyjadrené termické vlastnosti vlákien ako jedny z najdôležitejších fyzikálnych vlastností. Kvôli tomu sú v mnohých prípadoch rozhodujúce pre voľbu vhodných parametroch a spracovania. Pôsobením tepla na vysokomolekulárnu látku dochádza k zmenám štruktúry, ktorá sa navonok prejavuje zmenou tvaru a neskôr ako zmena fázy. Podľa priebehu zmien pri pôsobení tepla sa polyméry rozdeľujú:

- termoplasty.
- termosety.

Termosety

Pôsobením tepla sa štruktúra vlákien ešte viac zosieťuje, pričom polymér tvrdne. Jedná sa o nevratný ireverzibilný dej. Termosety sa z tohoto dôvodu v odevnej výrobe nepoužívajú.

Termoplasty

Zahrievaním sa zvyšuje pohyb molekúl. Pôsobením tepla na polymér, začína mäknúť a pri ochladzovaní sa vracia do pôvodného tuhého stavu. Tento dej sa nazýva reverzibilný (vratný dej). Týmto princípom sú vytvorené termoplastické látky ako napríklad polyester a polyamid. [10]

1.6.1 Termostabilita a termofixácia vlákien

Pôsobením tepla na rôzne vlákna, vytvoríme rozdielnu stabilitu.[5]

Delíme ich do dvoch skupín:

- termostabilita- Pri spracovaní, alebo používaní fixujeme vlákna vplyvom tepla.
- termofixácia- Jedná sa o fixáciu vlákien pri jej výrobe. Predovšetkým ide o vplyv tepla na dĺžené nefixované vlákna

V závislosti na podmienkach pôsobenia tepla sa mení účinok a vlastnosť daného vlákna. Ovplyvňujúce faktory, pri ktorých je možné zmenu charakterizovať sú teplota, doba pôsobenia a podmienky prostredia.

1.6.2 Fyzikálne stavy polymérov

Pri pozorovaní chovania vlákien sa pôsobením teploty zistilo, že niektoré vlastnosti vlákien sa pri prijímaní teploty v určitých teplotách prudko menia. Podľa toho, či sa jedná o nízkomolekulárnu, alebo vysokomolekulárnu látku, sa menia vlastnosti vonkajšieho pôsobenia tepla [16].

Pôsobením tepla na rôzne druhy vlákien pri ohybovej deformácii vlákna preukazujú rozdielne zotavenie. Je veľmi dôležité aké majú morfológické zloženie.

1.7 Tvarovateľnosť textílie podľa materiálového zloženia

Pri sledovaní tvarovateľnosti jednotlivých textilných materiálov bolo zistené, že sa tvarovateľnosť zvyšuje v tomto poradí:

- vlna
- prírodný hodváb
- acetátové vlákno
- viskóзовé vlákno
- bavlna
- ľan

Tvarovateľnosť závisí na štruktúre a morfolologickej stavbe vlákna. Šupinatý povrch a jadro vlneného vlákna dodávajú vláknu pružnosť a ťažnosť. Prírodný hodváb vykazuje oproti vlne odlišnú štruktúru. Obsah fibroinu vo vlákne nevykazuje tak veľkú pružnosť ako vo vlne. Celulóзовé materiály majú usporiadanie vlákien tesnejšie a tým sa tvarovateľnosť zvyšuje. Ľanové vlákna sa skladajú z celého zhluku jednotlivých vlákien. Vnútoraná stavba morfologických lykových vlákien má za príčinu vysokú tvarovateľnosť. V práci bol použitý materiál z polyesterových vlákien.

1.8 Charakteristika polyesterových vlákien

Z dôvodu, že je polyester v dnešnej dobe jedno z najpoužívanějších vlákien, preto bol použitý v bakalárskej práci materiál zo 100% polyesteru. Preto je spomenutá definícia iba tohoto druhu materiálu.

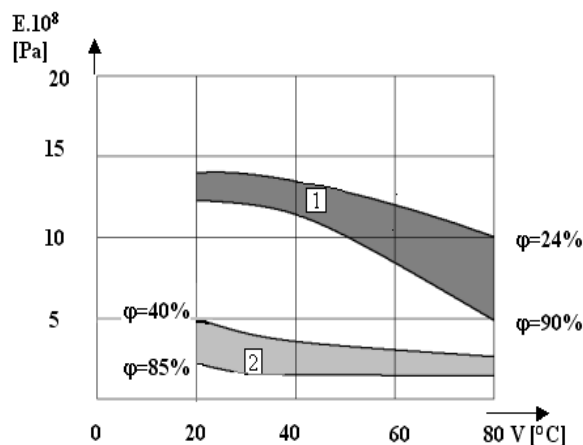
Polyesterové vlákna [1] sú považované za jedny z najdôležitejších chemických vlákien v textilnej výrobe. Polymér vzniká polykondenzáciou dvoch vstupných komponentov, z ktorých je vyrobený polykondenzát, ktorý sa zvlákňuje z taveniny do šachty, následne sa dĺži, poprípade združuje do kabelu. Vlákno je valcového tvaru s kruhovým prierezom.

PL má obecné veľmi dobré mechanické vlastnosti. Modul pružnosti predstavuje 1300 cN/tex, čo značí tuhý omak. Pevnosť vlákna je 3,8-7,2 cN, pričom ťažnosť je 50-70%. Pôsobením zaťaženia na vlákna, vykazujú vysoké elastické zotavenie 85-90%. PL vlákno vykazuje väčšiu tuhosť v ohybu oproti PAD vláknu. Pri termických vlastnostiach je teplota mäknutia 230°C. Vlákno má nízku tepelnú vodivosť a pri teplote 120-130 °C sa pevnosť vlákna nemení. Pri teplote 180°C pevnosť polyesteru klesá o

50%. Teplota tavenia PL začína pri 258°C. Pôsobením na vlákno teplotou a vlhkosťou, dochádza k tepelnej stabilite, ktorá sa javí lepšie proti ostatným vláknami [13].

Výhodou polyesteru sú jeho dobré mechanické vlastnosti medzi ktoré patrí odolnosť voči oderu, dobrá termoplasticita alebo ľahká údržba. Rýchle schnutie je pre PL prioritou. K jeho záporom sa považuje vysoká žmolkovitost' a nízka navlhavosť. Ďalej vysoká merná hmotnosť a nabíjanie elektrostatickou energiou sa tiež považuje za jeho nežiadúce vlastnosti.

Mechanická vlastnosť modul pružnosti v ohybu je zobrazený ako funkcia teploty a tieto vlákna vykazujú rozdielnú závislosť (obr.5.). Kvôli jeho vlastnostiam sa často používa ako zmesové vlákno či už s bavlnou, vlnou alebo viskózou. Výhodou týchto zmesí je stálosť tvaru, odolnosť voči oderu, vysoká pevnosť a ľahká údržba. [1]



Obrázok 5- Modul pružnosti v porovnaní 1Pes a 2Pad [3]

2 Deformácia plošných textílií

Deformácia [6] plošných textílií je narušenie stálosti tvaru a tieto tvarové zmeny môžu nastať v ploche alebo v priestore. Pôsobením vonkajších a vnútorných mechanických síl na danú textíliu sa mení tvar poprípadne objem. Vonkajšia sila vyvolá v telese napätie σ , ktoré vedie k vzniku odpovedajúcej deformácie ε . Odpor materiálu proti deformácii charakterizuje modul, ktorý vystihuje pomer aplikovaného napätia a vzniknutej deformácie. Čím je modul látky vyšší, tým väčšieho napätia je treba vyvinúť k deformácií [5].

Počas deformácie vznikajú rôzne druhy deformácií sú závislé na čase, tlaku, teplote a okolných podmienkach pri deformácií.

2.1.1 Typy deformácii

Každá deformácia je sprevádzaná hlavnými faktormi a to teplota, vlhkosť, tlak a čas pôsobenia. Všetky faktory pôsobiace na deformáciu sú na sebe závislé. Delíme ju do troch typov:

- Elastická deformácia- okamžitá, časovo nezávislá, dokonale vratná.
- Viskoelastická deformácia- časovo oneskorená, závislá na čase, v princípu dokonale vratná.
- Plastická deformácia- trvalá, časovo závislá a dokonale nevratná

2.2 Elastická deformácia

Ak zaťažíme textíliu tak, že jej deformácia je vratná tak, sa textília vráti do pôvodného stavu a hovoríme o elastickej, pružnej deformácii. V oblasti pružnej deformácie je pomerne predĺženie ε priamo úmerné k napätiu σ . Platí tu Hookov zákon (vzťah 15).

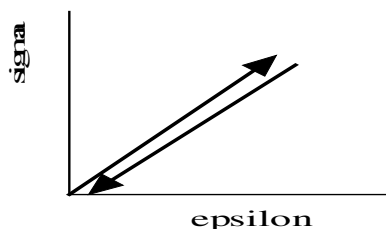
$$\sigma = E * \varepsilon, \quad (15)$$

kde E je modul pružnosti. Elastická deformácia je časovo nezávislá [6].

2.2.1 Elastická látka

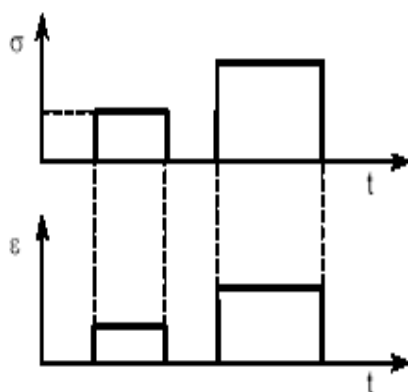
Látka do určitej hranice medze úmernosti podlieha elastickej a pružnej deformácii, ktorá je dokonale vratná, a nezáleží na predchádzajúcej deformácii. Tento priebeh charakterizuje priamková časť deformačného diagramu zobrazená na obrázku 6, ktorá

udáva lineárnu závislosť medzi napätím a deformáciou, kde platí Hookeuv zákon vzťah 15. Napätie σ je lineárne deformácií ϵ .



Obrázok 6- Elastická deformácia[17]

Časový priebeh [23] presne súhlasí s časovým priebehom napätia, čo znamená, že deformácia nezávisí na čase. Tento priebeh je znázornený na obrázku 7.

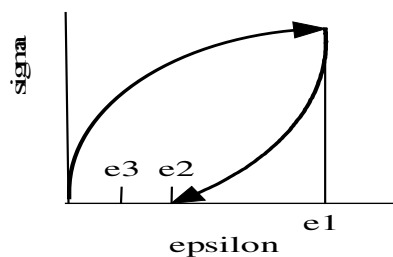


Obrázok 7- Porovnanie časového priebehu deformácie a časového priebehu napätia elastickej látky

Elastická látka má definovaný tvar a deformáciou vonkajšej sily prechádza do nového rovnovážneho stavu.[5]

2.3 Viskoelastická deformácia

Viskoelastická deformácia je časovo oneskorená za podnetom. Pôsobením doby zaťaženia rastie a po odľahčení v časovej závislosti postupne klesá. Deformácia je zložená z dvoch súčasťných prebiehajúcich zložiek viskózne (časovo závislej) a elastickej (časovo nezávislej). Obrázok 8 vyjadruje krivku zaťaženia a odľahčenia, pričom v odľahčenom stave je sledovaný ďalší vývoj deformácie. Celkovú deformáciu predstavuje e_1 , plastickú deformáciu e_3 . Rozdielom $e_1 - e_2$ dostaneme elastickú deformáciu a rozdielom $e_2 - e_3$ vyjadrujeme viskoelastickú deformáciu.



Obrázok 8- Viskoelastická deformácia [17]

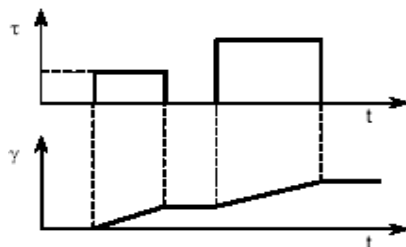
2.3.1 Viskózna látka

Deformácia je závislá na predchádzajúcej deformačnej histórii a je dokonale nevratná. Napätie σ je lineárnou funkciou rýchlosti deformácie ε a je zapísaná Newtonovým zákonom v tvare:

$$\tau = \eta \frac{d\gamma}{dt}, \quad (16)$$

kde τ je dotyčné napätie, γ šmyková deformácia, η dynamická viskozita (materiálová konstanta)

Napätie τ je lineárnou funkciou rýchlosti [23] deformácie $d\gamma/dt$. Pri raste doby zaťaženia s konštantou napätia. Deformácia rastie, teda závisí na čase a po odľahčení sa dosiahnutá hodnota zachováva (obr 9.).



Obrázok 9- Porovnanie časového priebehu napätia a časového priebehu deformácie viskózneho látky

2.3.2 Viskoelastická látka

Zaťažením vzniká okamžitá deformácia a zároveň deformácia časovo závislá. Pôsobením tlaku sa časť deformačnej práce hromadí a ďalšia časť sa premení na teplo. Po odľahčení sa látka celkom nevráti do pôvodného stavu. Vzťah časovo závislého napätia a deformácie môžeme zapísať lineárnou diferenciálnou rovnicou s konštantnými

koeficientmi, čo znamená, že látka vykazuje lineárne viskoelastické vlastnosti. Kombináciou Hookovho zákona, ktorý popisuje pevnú lineárnu elastickú látku a Newtonho zákona, ktorý popisuje lineárne viskóznou kvapalinu dostaneme rovnicu 17.[5]

$$\sigma = E \cdot \varepsilon + \eta \frac{d\varepsilon}{dt} \quad (17)$$

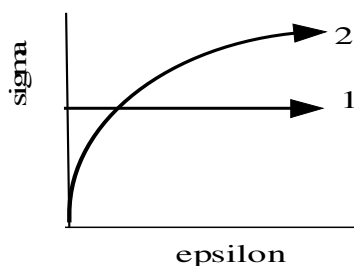
2.4 Plastická (trvalá) deformácia

Plastická deformácia je označovaná ako deformácia trvalá. Ak zaťažíme teleso nad medz platnosti Hookovho zákona, prestáva platiť priama úmera medzi zaťažením a deformáciou. Pri elastickej deformácii je jeden z hlavných faktor napätie. Plastickú deformáciu ovplyvňujú ďalšie faktory vnútorné a vonkajšie (teplota a rýchlosť deformácie). A ďalej je spôsobená nevratnými prešmykmi segmentov makromolekúl. Pre plastickú deformáciu platí, že rýchlosť deformácie je úmerná s pôsobiacim napätím [5].

$$\frac{d\varepsilon}{dt} = \frac{\sigma}{\eta}, \quad (18)$$

kde σ je napätie a η dynamická viskozita (materiálová konstanta).

Na obrázku 10 vidíme, že pri zaťažovaní konštantnou rýchlosťou, je závislosť medzi napätím a deformáciou konštantná (krivka 1). Pri zaťažovaní konštantnou rýchlosťou, je znázornená pracovná krivka 2 ideálne plastického telesa.

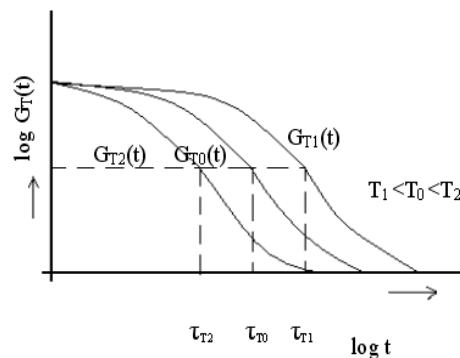


Obrázok 10- Plastická deformácia

Závislosti na deformácií a mechanických vlastnostiach vlákien nám určuje tepelne časová superpozícia. Úlohou v zadaní práce bolo objasniť jej princíp.

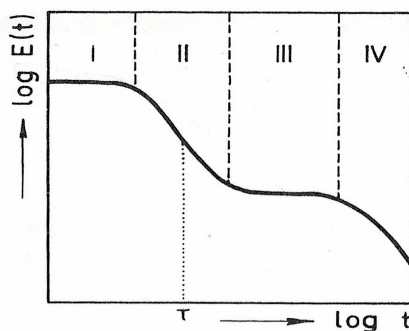
2.5 Tepelne – časová superpozícia

Princíp superpozície času a teploty [16] je možné charakterizovať tak, že pri konštantnom napätí σ dosiahneme deformáciu ε pri referenčnej teplote T_0 a v čase t_0 . Rovnako veľkú deformáciu môžeme dosiahnuť pri zvýšení teploty T_2 za kratší čas t_2 , ako aj v dlhšom čase t_1 pri nižšej teplote T_1 (obr 11). Analogická úvaha platí aj pre zvyškové napätia $\sigma_{(t)}$ pri relaxácii skúmaného materiálu.



Obrázok 11- Princíp časovo-teplotnej superpozície kriviek relaxačného modulu

Princíp teplotne-časovej superpozície má veľký význam vo výskumu mechanických vlastností vlákien v oblasti viskoelastických javov ako aj v technickej praxi. Je zistené [7], že sa za pomoci tepelno-časovej superpozície dajú určiť parametre mechanických vlastností polymérov a vlákien v reálnych časových podmienkach pre všetky oblasti I sklovitého stavu, II prechodného stavu, III vyskoelastického stavu a VI stavu toku. obr 12.



Obrázok 12- Tepelne-časová superpozícia pri závislosti modulu relaxácie E od času pri konštantnej teplote.

3 Experimentálna časť

Cieľom experimentálnej časti bolo stanoviť závislosť použitého materiálu na tvarovanie plošnej textílie, ďalej premerať chovanie plošnej textílie pri pôsobení tlaku a teploty za jednotku času. Ďalším cieľom práce bolo z nameraných hodnôt vyjadriť percentuálny podiel elastickej, viskoelastickej a plastickej deformácie vzniknutej pri tvarovaní plošnej textílie.

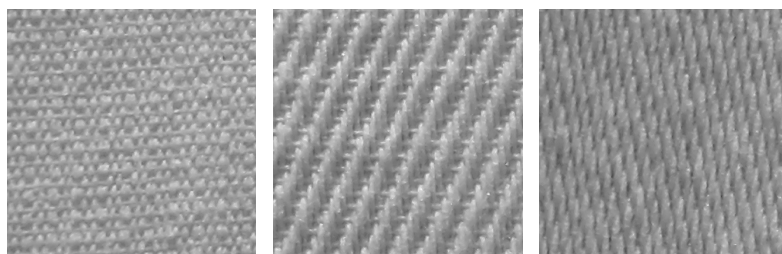
Experiment bol prevedený na prístrojoch, ktoré sú k dispozícii na katedre oděvnictví na TUL v Liberci.

Zameranie experimentu:

- Stanovenie vplyvu väzby, plošnej hmotnosti, hrúbky, ohybovej tuhosti plošnej textílie
- Stanovenie vplyvu teploty na tvarovateľnosť plošnej textílie
- Stanovenie vplyvu doby tvarovania na zotavenie plošnej textílie
- Stanovenie podielu deformácie pri tvarovaní plošnej textílie

3.1 Charakteristika skúmaného materiálu

Pre všetky merané vzorky bol použitý materiál zo 100% polyesteru, ktorý bol vyrobený v troch typoch väzieb atlas (obr 13a), keper (obr 13b) a ryps (obr 13c). Všetky použité väzby boli vyrobené v rovnakej dostave a s rovnakou jemnosťou osnovy a útku. Charakteristika skúmaných materiálov je uvedená v tabuľke 1.



Obrázok 13- Vzorky materiálov a)atlas, b)keper c)ryps

Tabuľka 1- Charakteristické a namerané hodnoty tkaniny

materiál	100% PL		100% PL		100% PL	
väzba	ATLAS		KEPER		RYPS	
	osnova	útok	osnova	útok	osnova	útok
jemnosť priadzí [čm]	34	20	34	20	34	20
dostava [n/10cm]	400	160	400	160	400	160
ohybová tuhosť [N]	0,258	0,076	0,361	0,043	0,279	0,073
plošná hmotnosť [g/m ²]	301,2		278,8		280,4	
hrúbka [mm]	0,62		0,73		0,68	

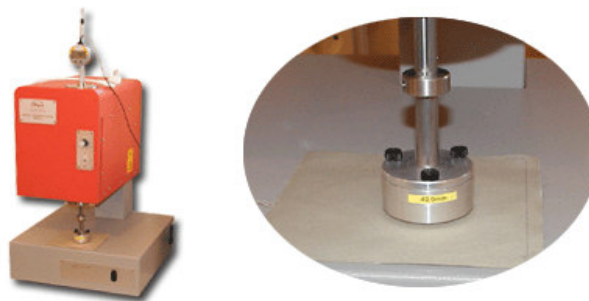
3.2 Charakteristika požitých zariadení pre experiment

Pre lepšie porozumenie chovania skúmaných väzieb plošných textílii bola nameraná hrúbka materiálu na prístroji SDL M034A, ohybová tuhosť na prístroji TUHOMĚR TH-5 a plošná hmotnosť meraných vzorkou pomocou digitálnej váhy.

3.2.1 Zisťovanie hrúbky materiálu

Hrúbka materiálu ovplyvňuje tvarovateľnosť textílie. S rastúcou hrúbkou sa uhol tvarovania textílie zvyšuje a preto tento parameter môže byť dôležitý pre vyhodnotenie experimentu.

K meraniu hrúbky materiálu bol použitý prístroj SDL M034A (obr.14) podľa normy ČSN EN ISO 5084 (800844). Meraný materiál sa vkladá medzi základnú dosku a paralelný kruhový kotúč, ktorý tlačí na vzorku danou silou F . Veľkosť prítlačnej hlavice je v rozmeroch 20 alebo 100 cm² pôsobí silou v rozmedzí 0,1-200N. Priebeh merania a spracovanie výsledkov prebieha za pomoci počítačového softvéru. Namerané hodnoty hrúbky materiálu sú znázornené v kapitole 4.1 tabuľka 1.



Obrázok 14- Prístroj k meraniu hrúbky materiálu SDL M034A

3.2.2 Zisťovanie ohybovej tuhosti materiálu

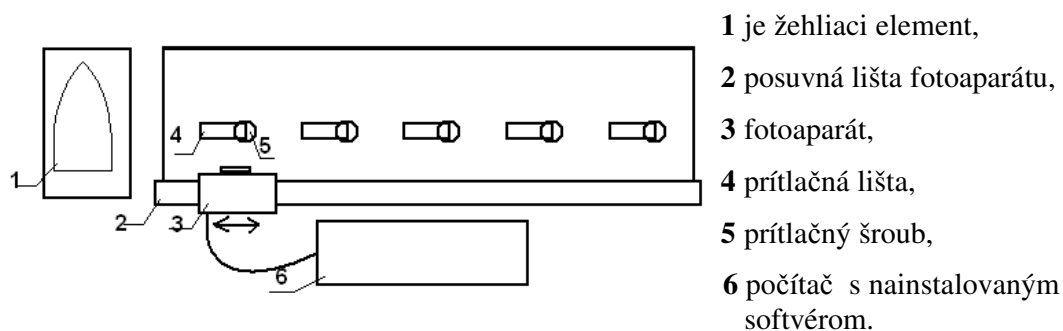
Ohybová tuhosť materiálu je vlastnosť, ktorá môže ovplyvniť meranú hodnotu deformácie a tvarovateľnosť textílie. Meranie prebiehalo na prístroji TUHOMĚŘ TH-5, (obr.15), ktorý je určený k meraniu tuhosti a pružnosti plošných textílií podľa normy ČSN 80 0858. Základným prvkom prístroja je elektromechanický systém na meranie veľkosti sily. Je tvorený snímačom odchýlky polohy s operným čidlom o ktorú sa opiera ohýbaná vzorka textílie. Na displej sa znázorňuje sila potrebná k ohybu vzorky do 60°. Namerané hodnoty ohybovej tuhosti sú znázornené v kapitole 3.1. tabuľke 1.



Obrázok 15- Prístroj k meraniu ohybovej tuhosti TUHOMĚŘ TH-5

3.2.3 Snímanie a meranie uhlu zotavenia

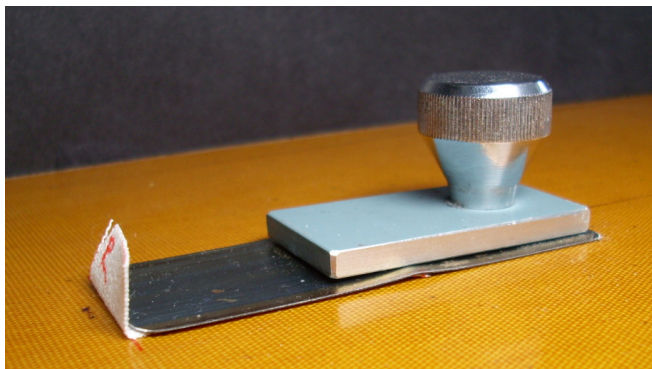
Použité vzorky materiálov tvorili pružky o rozmeroch 5x2 cm, ktoré boli strihané v smere osnovy a útku pre každú väzbu(atlas, keper, ryps). Schematické znázornenie merania je uvedené na obrázku 16.



Obrázok 16- Schéma snímania uhlu zotavenia

Postup merania

1. Umiestniť vzorku pod prítlačnú lištu a zaistiť prítlačným šroubom (obr. 17). Veľkosť vyčnievajúcej časti by malo tvoriť 1/5 z dĺžky vzorku textílie. V tomto prípade 1cm.

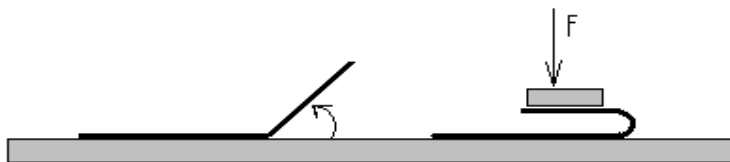


Obrázok 17- Vzorka materiálu uchytená prítlačnou lištou a prítlačným šroubom

2. Ohnúť vzorku podľa obrázka (obr 18) a pôsobiť na vzorku zvolenou teplotou, časom a tlakom, ktorý vyvinie žehliaci element, v našom prípade žehlička. Plocha žehličky pôsobí tlakom 810N, ktorý bol vypočítaný podľa vzorca 19.

$$P = \frac{F}{S} = \frac{mg}{S}, \quad (19)$$

kde F je sila a s plocha žehličky, ktorou je namáhaná vzorka.

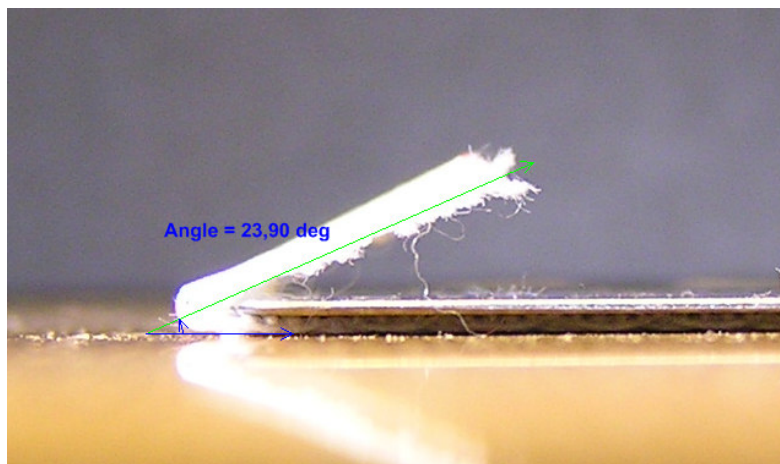


Obrázok 18 – Zaťaženie snímaného vzorku

3. Odstrániť žehliaci element zo vzorky kolmým smerom nahor.
4. Z začať snímať vzorku digitálnym fotoaparátom v stanovených intervaloch.

Snímanie uhlu bolo prevedené pomocou digitálneho fotoaparátu OLYMPUS FE C 760 o rozlíšení 4 Megapixely. Snímanie digitálnych fotografií v dobe relaxácie vzorku prebiehalo po dobu 65 min. V časových intervaloch v prvej minúte po 5 sec a v stúpajúcom čase sa intervaly zvyšujú po 5 a 10 minútach. Nasnímaný uhol zotavenia

(obr. 19) bol prenesený z fotoaparátu do počítača za pomoci softweru CAM2COM. Relaxácia nasnímanej vzorky digitálnymi fotografiami bola vyhodnotená pomocou programu Lucie software Nis Elements. Keďže bol vzorek umiestnený na vodorovnej základne, nebolo nutné meniť základňu uhlu (podložka vzorku) a odvesna bola nameraná u všetkých vzoriek rovnakým spôsobom podľa obr. 19.



Obrázok 19- Nasnímaný uhol zotavenia vzorky a odmeraný uhol v programe Lucie

3.3 Vyhodnotenie experimentu

Vyhodnotenie bolo prevedené za pomoci programu Lucie. Hodnoty skúmaných väzieb (atlas, keper, rips) pre osnovu a útok boli nasnímané a sú zobrazené v tabuľke 1 v kapitole 4.2.3. a to pre jednotlivé teploty (0°C, 110°C, 130°C a 150°C) a zvolenú dobu zaťaženia 20 a 40 sekúnd.

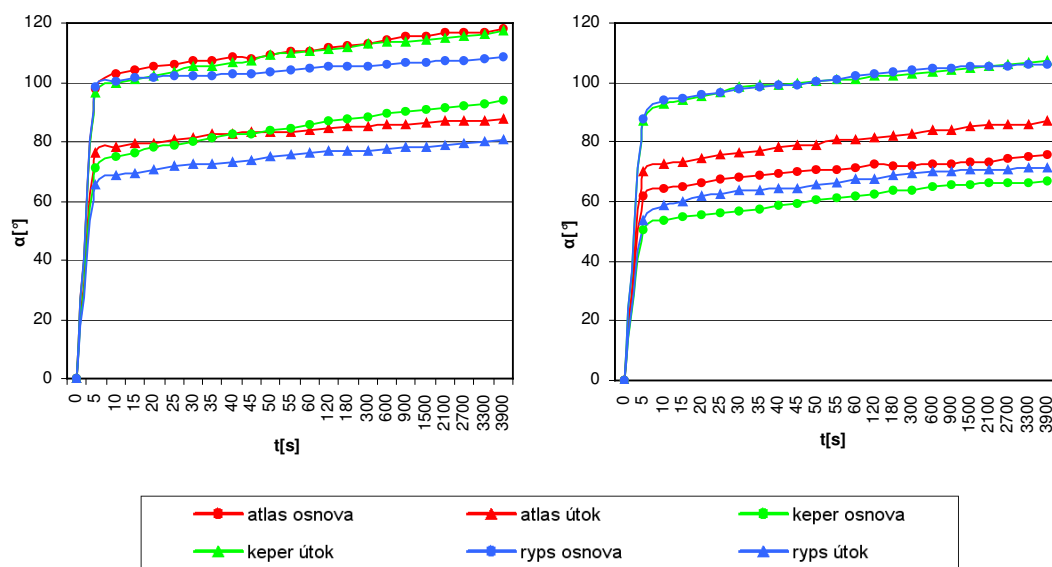
3.3.1 Stanovenie vplyvu väzby na tvarovateľnosť

Vplyv väzby na tvarovateľnosť plošnej textílie, ktoré bolo skúmané (atlas, keper, rips) v 4 rozdielnych teplotách a to bez teploty 0°C (pôsobením len tiažou žehličky), a 110°, 130°, 150°C. Doba tvarovania bola stanovená pre 20a 40s.

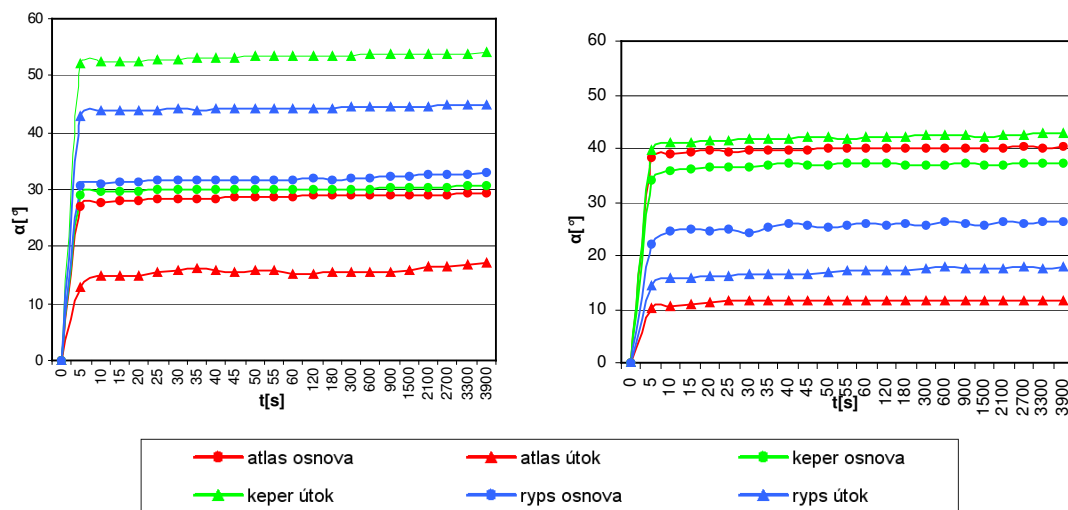
Závislosť uhlu zotavenia na dobe relaxácie jednotlivých väzieb a teplôt je graficky spracované v grafoch 1-4.

Meraný materiál bol vo všetkých troch väzbách zhotovený z rozdielnych jemností v osnove a v útku. Osnova má jemnosť 34 čm a útok 20 čm. Osnovné priadze oproti útkovým sú upravované nanesenou šlichtou. Dostava v osnove je 400n/10 cm a v útku 160n/10 cm.

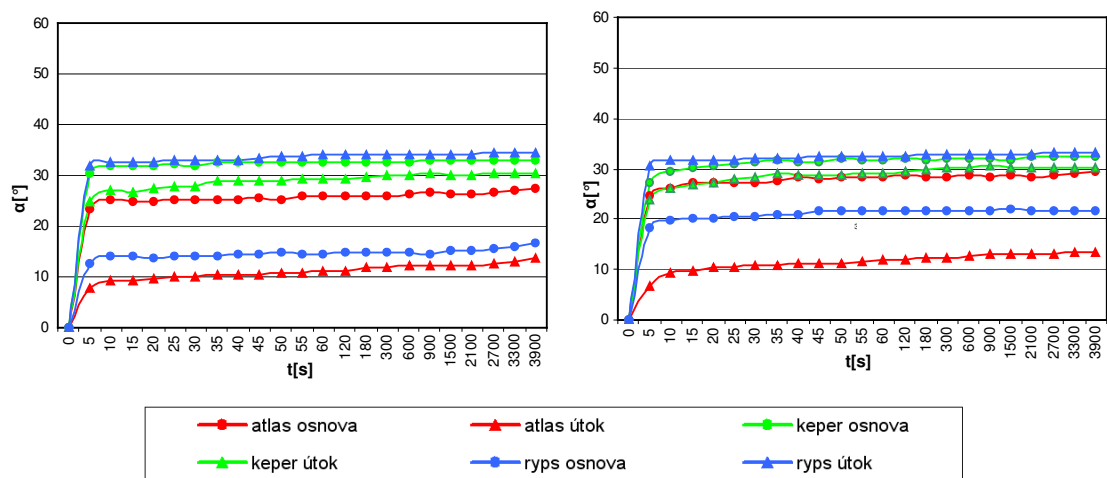
Dôležitú rolu v ovplyvnení tvarovateľnosti plošnej textílie je ohybová tuhosť, plošná hmotnosť, hrúbka materiálu. Tieto namerané hodnoty sú znázornené v tabuľke 1 v kapitole (3.1.). Hodnoty meraných vzorkou u ohybovej tuhosti sa takmer radovo líšia pre osnovu a útok, preto vykazujú vzorky rozdielne chovanie uhlov zotavenia pre osnovu a útok. Hrúbka materiálu je najväčšia pri keprovej väzbe a plošná hmotnosť vykazuje najväčšiu hodnotu pri atlasovej väzbe.



Graf 1 – Závislosť uhlu zotavenia na dobe relaxácie pri $T = 0^\circ$ pri dobe zaťaženia) 20s b) 40s pre všetky väzby

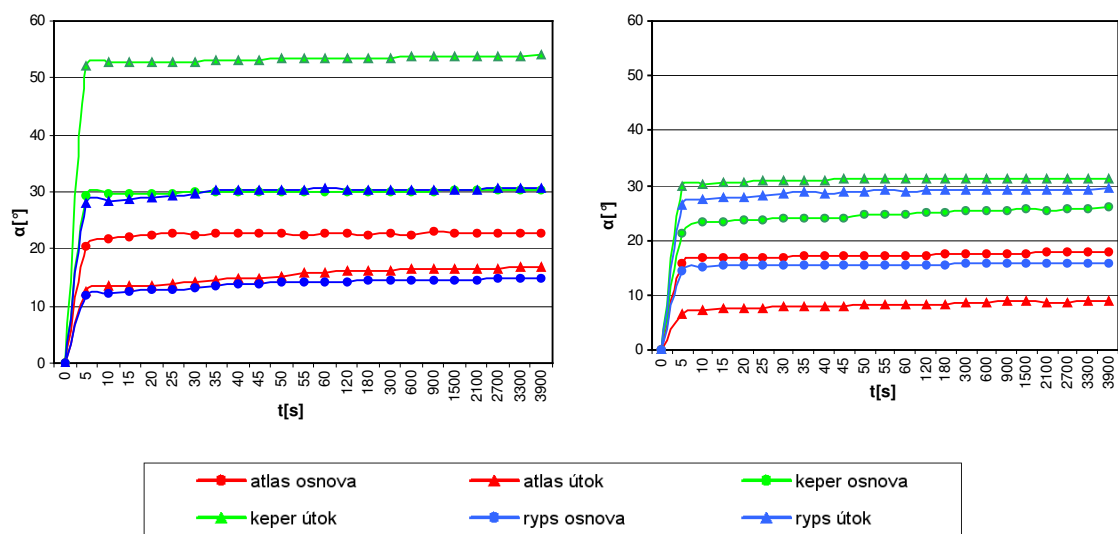


Graf 2– Závislosť uhlu zotavenia na dobe relaxácie pri $T = 110^\circ$ pri dobe zaťaženia a) 20s b) 40s pre všetky väzby



Graf 3– Závislosť uhlu zotavenia na dobe relaxácie pri $T = 130^{\circ}$ pri dobe zaťaženia

a) 20s b) 40s pre všetky väzby



Graf 4 – Závislosť uhlu zotavenia na dobe relaxácie pri $T = 150^{\circ}$ pri dobe zaťaženia

a) 20s b) 40s pre všetky väzby

Vzorky na ktoré sme pôsobili len tiažou žehličky bez teploty (graf 1), vykazovali srťmejší nárast uhlu zotavenia tzn, že dochádzalo k rýchlejšej deformácie v závislosti na čase zotavenia. Pri pôsobení teploty 0°C môžeme konštatovať, že najväčšiu hodnotu uhla zotavenia pri dobe zaťaženia 20s, vykazuje atlasová väzba v smere osnovy. Naopak najnižšiu hodnotu ohybovej deformácie bol u rypsovej väzbe v smere útku. Vyššia hodnota zaťaženia (40s) skúmaných vzoriek spôsobila pokles uhlu deformácie približne o 20° . Najvyšší uhol pre dobu zaťaženia 40s vykazoval ryps v smere osnovy a najnižšiu

hodnotu keper v smere osnovy. Na vzorky, ktoré pôsobíme navyše teplotou vykazujú menej strmý nárast uhlu zotavenia v meranom útku oproti vzorkám bez pôsobenia teploty.

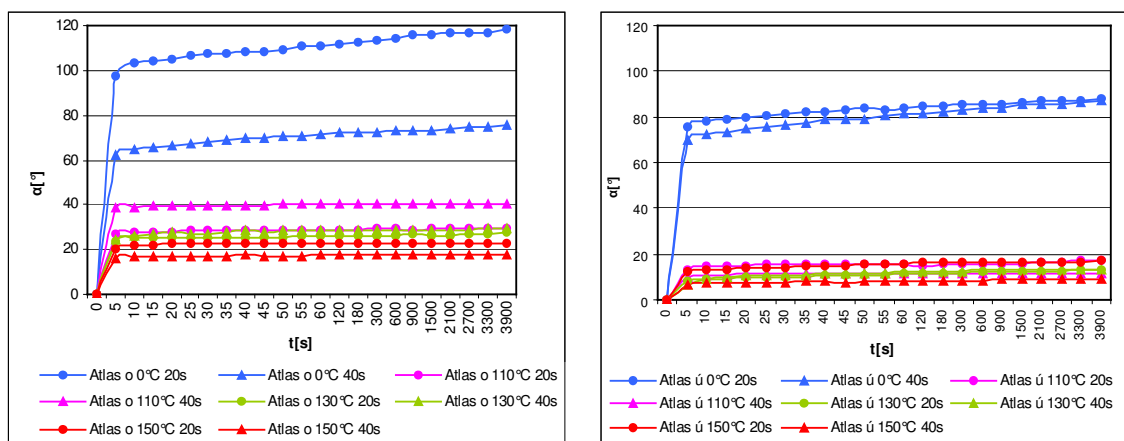
Pre teplotu 110°C vykazuje najvyššiu hodnotu zotavenia keprová väzba v smere útku a najnižšiu hodnotu atlasová väzba v smere útku pre dobu zaťaženia 20s a 40s.

Väzby pri teplote 130°C sa pre najnižšiu hodnotu uhlu chovajú rovnakým spôsobom ako pri teplote 110°C a najvyššiu hodnotu deformácie dosahuje rypsová väzba v smere útku pre obidve doby zaťaženia.

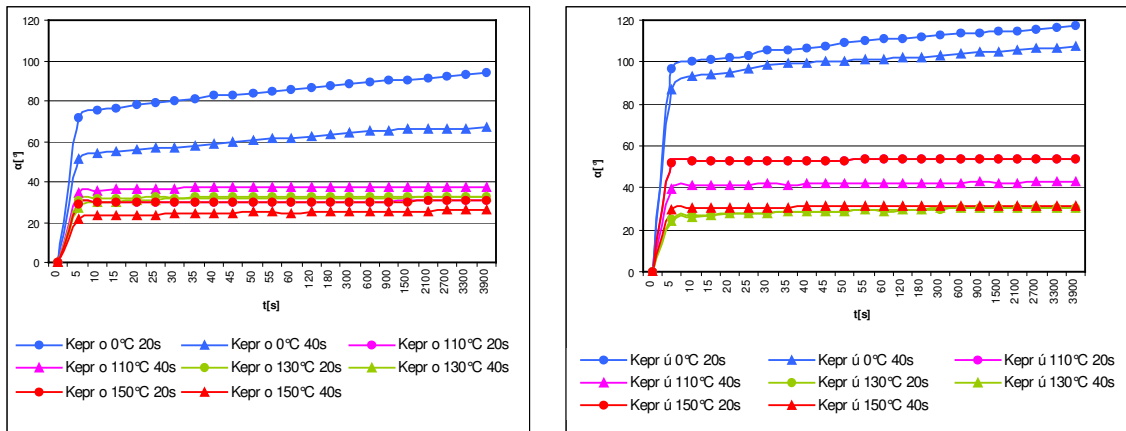
U teploty 150°C vykazuje najvyšší hodnotu uhlu zotavenia keprová väzba v útkovom smere pre obidve doby zaťaženia a najnižšiu hodnotu pre dobu zaťaženia 20s rypsová väzba v smere osnovy. Pre zaťaženie 40s je najmenší uhol zotavenia pri atlase v smere útku.

3.3.2 Stanovenie vplyvu teploty na tvarovateľnosť plošnej textílie

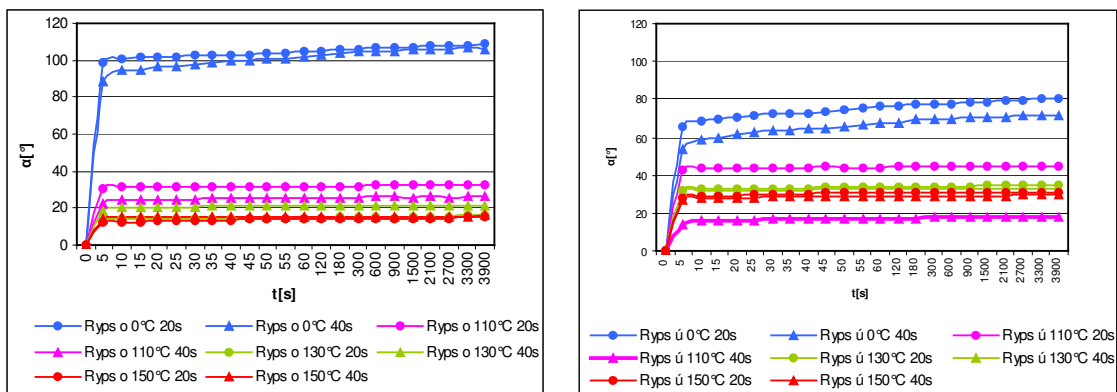
Závislosť pôsobiacej teploty na tvarovanie rôznych väzieb materiálu je graficky znázornené v grafoch 5-7.



Graf 5- Vplyv teploty a zaťaženia na relaxáciu uhlu zotavenia pre atlasovú väzbu v smere osnovy a útku



Graf 6- Vplyv teploty a zaťaženia na relaxáciu uhlu zotavenia pre keprovú väzbu v smere osnovy a útku



Graf 7- Vplyv teploty a zaťaženia na relaxáciu uhlu zotavenia pre rypsovú väzbu v smere osnovy a útku

Na základe teoretického objasnenia teplotne-časovej superpozície (kapitola 2.5) bola na grafoch 5,6,7 v niektorých prípadoch teplotne -časová superpozícia preukázaná. Čo vyjadruje, že pri vyššej teplote a nižšej dobe pôsobenia na vzorku materiálu sa deformácia chová skoro rovnako ako pri nižšej teplote a vyššej dobe zaťaženia.

Z výsledkov je patrné, že s rastúcou teplotou klesá uhol zotavenia. Pre nulovú teplotu merané vzorky naberajú vyšších hodnôt uhlu zotavenia oproti vzorkám na ktoré bolo pôsobenie jednotlivými teplotami.

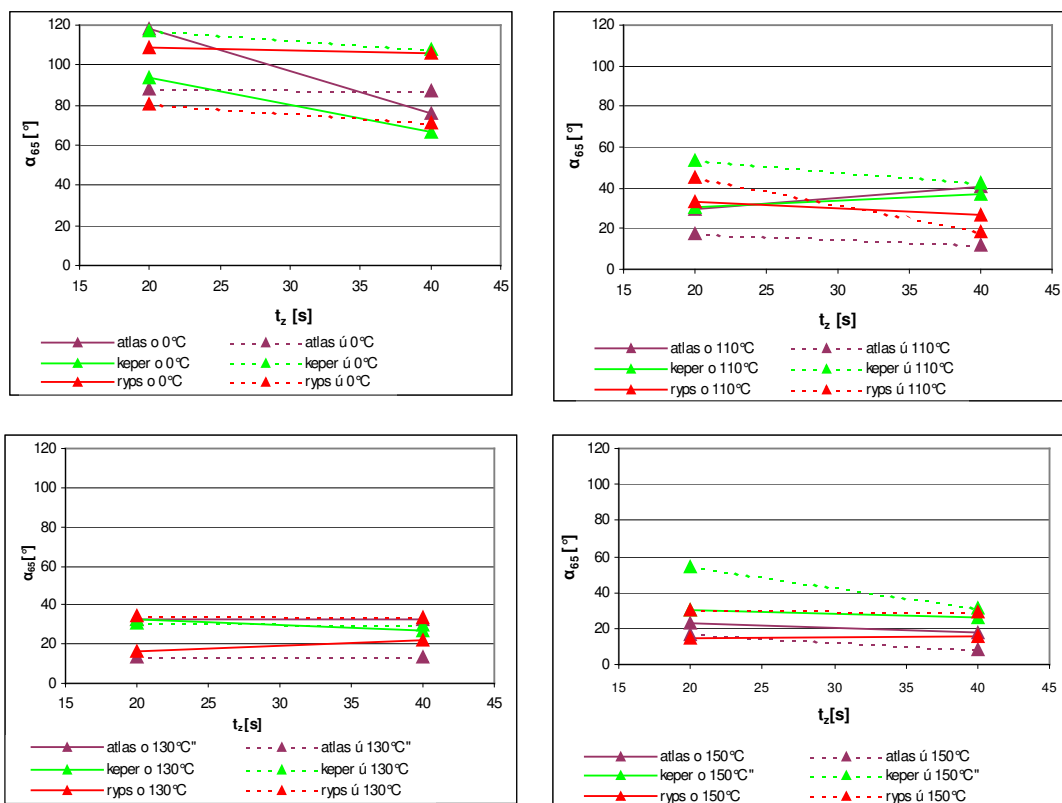
3.3.3 Stanovenie vplyvu doby tvarovania na zotavenie plošnej textílie

Závislosť vplyvu doby zaťaženia k zotaveniu jednotlivých materiálov je zobrazená v grafe 8 a, b, c, d. V tabuľke 2 sú spriemerované hodnoty uhlu zotavenia po snímaní 65 minút, ktoré sú vynesené

Tabuľka 2- Nameraný uhol zotavenia po 65 minútach snímania vzorku

	atlas 0°C	keper 0°C	ryps 0°C	atlas 110°C	keper 110°C	ryps 110°C
20s osnova	118,3	94,1	108,3	29,3	30,7	33,0
40s osnova	75,7	66,7	105,9	40,3	37,1	26,5
	atlas 0°C	keper 0°C	ryps 0°C	atlas 110°C	keper 110°C	ryps 110°C
20s útok	87,7	117,1	80,4	17,2	53,9	44,9
40s útok	87,2	107,6	71,2	11,7	42,7	18,0

	atlas130°C	keper 130°C	ryps 130°C	atlas 150°C	keper 150°C	ryps 150°C
20s osnova	27,6	32,9	16,5	22,7	30,4	14,8
40s osnova	29,6	32,3	21,8	18,0	25,9	15,8
	atlas130°C	keper 130°C	ryps 130°C	atlas 150°C	keper 150°C	ryps 150°C
20s útok	13,6	30,4	34,4	16,9	54,0	30,6
40s útok	13,4	30,2	33,1	8,8	31,2	29,4



Graf 8 – Vplyv doby zaťaženia na zotavenie plošnej textílie pre teplotu a) 0°C b) 110°C c) 130°C d) 150°C

Väčšina nameraných vzoriek vykazuje pokles uhlu zotavenia s hodnotou zaťaženia 40s oproti 20s. Bol prejavnený značný vplyv doby tvarovania na jednotlivé vzorky. S rastom pôsobiacej teploty na vzorky, klesajú rozdiely uhlu zotavenia pre všetky väzby. Pri vyšších teplotách je pravdepodobne možné prehlásiť, že doba zaťaženia nemá až tak veľký vplyv na tvarovateľnosť polyesterovej textílie.

3.3.4 Vyjadrenie podielu deformácie

Pre vyjadrenie podielu jednotlivých deformácií boli použité vzorce.

K určení elastickej deformácie ε_E bol použitý vzorec

$$\varepsilon_E = \frac{\alpha_0}{180} 100[\%], \quad (20)$$

kde α_0 je prvá nameraná hodnota snímaného vzorku.

Vyjadrenie viskoelastickej deformácie ε_V bolo podľa vzorca

$$\varepsilon_V = \frac{\alpha_{60} - \alpha_0}{180} 100[\%], \quad (21)$$

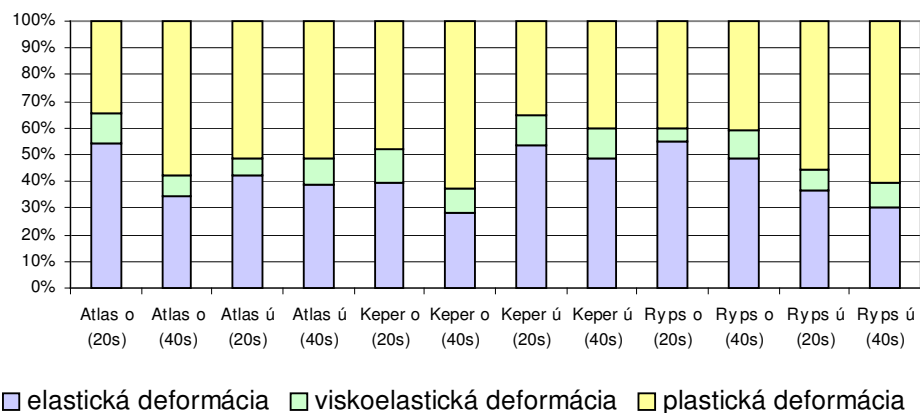
kde α_{60} bola hodnota uhlu nameraná na zotavujúcej sa vzorke po 65 min a α_0 vyjadruje prvotný nameraný uhol po odl'ahčení vzorky.

Plastická deformácia ε_P bola vypočítaná podľa vzorca

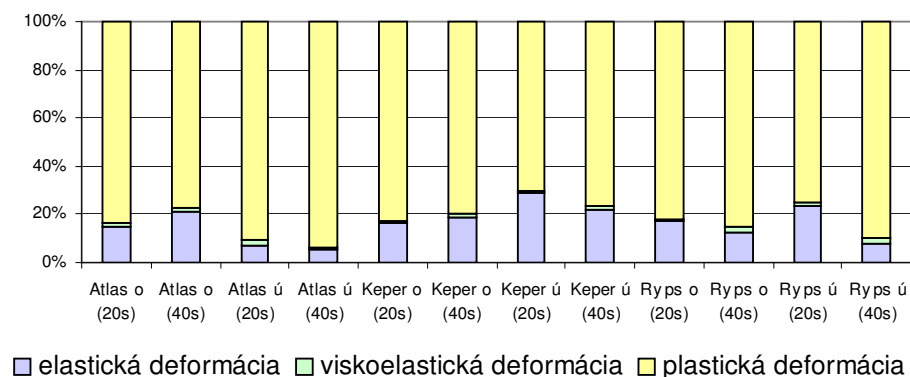
$$\varepsilon_P = \frac{180 - \alpha_{60}}{180} 100[\%], \quad (22)$$

Vyjadrenie podielu deformácie je znázornené v grafoch 9-12 a bolo zistené, že viskoelastickú deformáciu je možné zanedbať pre merané teploty 110,130,150°C, pretože pri pôsobení teploty je rast uhlu počas relaxácie malý. S rastúcou teplotou a dobou zaťaženia klesá hodnota elastickej deformácie a zvyšuje sa deformácia plastická. Pri zaťažení vzorku teplotou 0°C, je veľkosť elastickej deformácie mnohonásobne väčšia, ako pri pôsobení teplotou. Tu je dokázané, že pôsobením pri tvarovateľnosti teplotou je veľmi dôležité, avšak pri vyššej teplote pôsobenia vzniknuté deformácie niesú až tak rozdielne. V tabuľke 3 sú percentuálne vypočítané hodnoty podielu elastickej deformácie pre namerané uhly zotavenia pri teplote 110, 130, 150°C k závislosti na zaťažení vzorku 0°C teplotou.

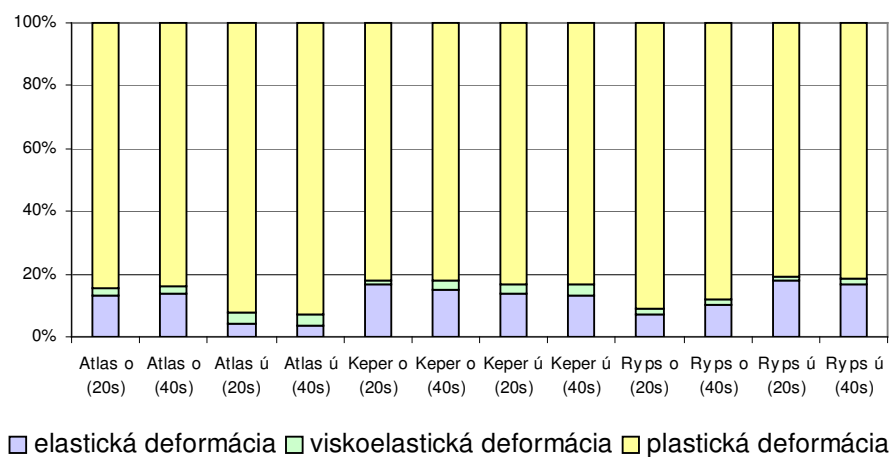
V tabuľkách 4-7 sú percentuálne vyjadrené hodnoty elastickej, viskoelastickej a plastickej deformácie z nameraných uhlov zotavenia pre každú teplotu.



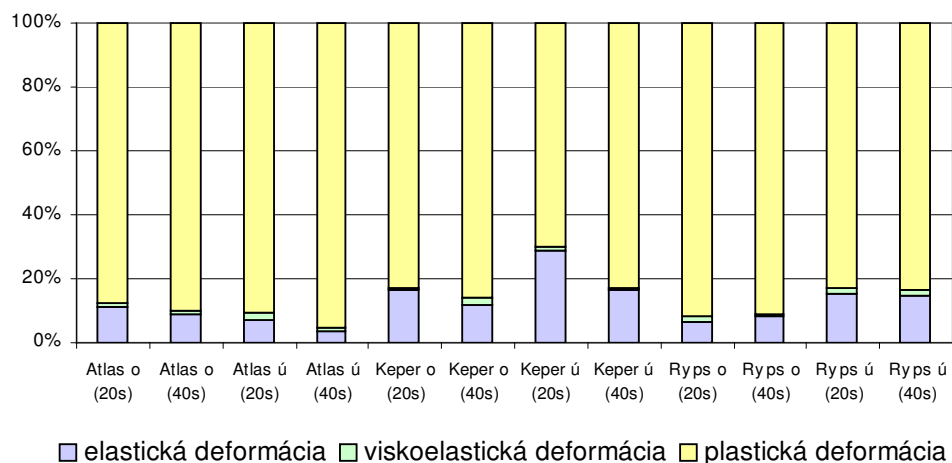
Graf 9- Vyjadrenie podielu deformácie pre teplotu 0°C



Graf 10- Vyjadrenie podielu deformácie pre teplotu 110°C



Graf 11- Vyjadrenie podielu deformácie pre teplotu 130°C



Graf 12- Vyjadrenie podielu deformácie pre teplotu 150°C

Tabuľka 3- Závislosť %podielu elastickej deformácie teplôt 110,130,150°C k 0°C.

	Atlas o (20s)	Atlas o (40s)	Atlas ú (20s)	Atlas ú (40s)	Keper o (20s)	Keper o (40s)
0 °C	54,16	34,52	42,18	39,03	39,57	28,23
110 °C	8,18	7,36	3,05	2,18	6,41	5,33
130 °C	7,03	4,73	1,86	1,47	6,67	4,27
150 °C	6,12	3,00	2,97	1,43	6,42	3,34
	Keper ú (20s)	Keper ú (40s)	Ryps o (20s)	Ryps o (40s)	Ryps ú (20s)	Ryps ú (40s)
0 °C	53,56	48,36	54,73	48,89	36,37	29,95
110 °C	15,47	10,62	9,34	6,04	8,66	2,39
130 °C	7,43	6,41	3,87	5,00	6,46	5,10
150 °C	15,50	8,00	3,57	3,94	5,65	4,40

Tabuľka 4- Podiel elastickej, viskoelastickej a plastickej deformácie pre teplotu 0°C

	Atlas o (20s)	Atlas o (40s)	Atlas ú (20s)	Atlas ú (40s)	Keper o (20s)	Keper o (40s)	Keper ú (20s)	Keper ú (40s)	Ryps o (20s)	Ryps o (40s)	Ryps ú (20s)	Ryps ú (40s)
Ee [%]	54,16	34,52	42,18	39,03	39,57	28,23	53,56	48,36	54,73	48,89	36,37	29,95
Ev [%]	11,59	7,51	6,53	9,41	12,71	8,83	11,52	11,41	5,44	9,93	8,29	9,63
Ep [%]	34,25	57,96	51,29	51,56	47,71	62,94	34,92	40,24	39,83	41,17	55,34	60,43

Tabuľka 5- Podiel elastickej, viskoelastickej a plastickej deformácie pre teplotu 110°C

	Atlas o (20s)	Atlas o (40s)	Atlas ú (20s)	Atlas ú (40s)	Keper o (20s)	Keper o (40s)	Keper ú (20s)	Keper ú (40s)	Ryps o (20s)	Ryps o (40s)	Ryps ú (20s)	Ryps ú (40s)
Ee [%]	15,10	21,31	7,23	5,59	16,20	18,86	28,88	21,95	17,07	12,35	23,81	7,99
Ev [%]	1,16	1,06	2,30	0,89	0,86	1,77	1,09	1,75	1,28	2,36	1,13	2,02
Ep [%]	83,74	77,64	90,47	93,52	82,94	79,36	70,04	76,30	81,65	85,29	75,06	89,99

Tabuľka 6- Podiel elastickej, viskoelastickej a plastickej deformácie pre teplotu 130°C

	Atlas o (20s)	Atlas o (40s)	Atlas ú (20s)	Atlas ú (40s)	Keper o (20s)	Keper o (40s)	Keper ú (20s)	Keper ú (40s)	Ryps o (20s)	Ryps o (40s)	Ryps ú (20s)	Ryps ú (40s)
Ee [%]	12,99	13,70	4,40	3,78	16,86	15,11	13,88	13,25	7,06	10,23	17,77	17,04
Ev [%]	2,34	2,73	3,13	3,65	1,39	2,81	2,99	3,52	2,12	1,88	1,34	1,37
Ep [%]	84,67	83,57	92,47	92,58	81,74	82,07	83,13	83,24	90,82	87,89	80,90	81,59

Tabuľka 7- Podiel elastickej, viskoelastickej a plastickej deformácie pre teplotu 150°C

	Atlas o (20s)	Atlas o (40s)	Atlas ú (20s)	Atlas ú (40s)	Keper o (20s)	Keper o (40s)	Keper ú (20s)	Keper ú (40s)	Ryps o (20s)	Ryps o (40s)	Ryps ú (20s)	Rips ú (40s)
Ee [%]	11,30	8,69	7,03	3,67	16,21	11,82	28,94	16,54	6,53	8,07	15,53	14,70
Ev [%]	1,33	1,30	2,33	1,24	0,66	2,57	1,06	0,81	1,69	0,70	1,45	1,62
Ep [%]	87,37	90,01	90,64	95,09	83,13	85,61	70,00	82,65	91,78	91,23	83,01	83,68

Záver

Cieľom bakalárskej práce bolo preštudovať tvarovateľnosť plošných textílií a zmenu deformácií pri tvarovaní. Zároveň na základe teoretických znalostí stanoviť experiment pre zistenie vplyvu väzby na chovanie plošnej textílie pri tepelnom tvarovaní. Zistiť vplyv doby zaťaženia textílie na zmenu zotavenia po tvarovacom procese a vyjadriť zmenu podielu elastickej, viskoelastickej a plastickej deformácie plošnej textílie.

Pri skúmaní tepelného tvarovania bol použitý materiál zo 100% polyesteru, ktorý bol utkaný v troch väzbách (atlas, keper, ryps). Na materiál bolo pôsobenie teplotou 0°, 110°, 130° a 150°C a doba zaťaženia pre ohybovú deformáciu bola stanovená na 20 a 40 sekúnd. Snímanie vzorkou prebehlo za pomoci digitálneho fotoaparátu pre každú vzorku po dobu 65min. Nasnímané uhly zotavenia boli vyhodnotené obrazovou analýzou v programe Lucia. Namerané hodnoty uhlov zotavenia pri rôznych väzbách, teplotách pôsobenia a doby zaťaženia boli spracované tak, aby sa znázornila závislosť väzby, teploty a doby zaťaženia na tvarovanie polyesterovej tkaniny.

Na základe experimentálnych výsledkov bolo zistené rozdielne chovanie tvarovateľnosti plošných textílií, za pôsobenia rozdielnych teplôt a doby zaťaženia. Vzorky, ktoré boli zaťažené váhou žehličky bez pôsobenia teploty, vykazovali srtmejší nárast uhlu zotavenia oproti vzorkám s pôsobením teploty (110, 130, 150 °C).

Za pôsobenie teploty po dobu zaťaženia dosiahla atlasová väzba najnižšiu hodnotu uhlu zotavenia, naopak najvyššiu hodnotu uhlu zotavenia vykazovala keprová väzba ako v osnove, tak i v útku. Uhol zotavenia pre rypsovú väzbu vykazoval približne priemerné hodnoty uhlu zotavenia z atlasovej a keprovej väzby. K objasneniu experimentu bola na vzorkách nameraná ohybová tuhosť, plošná hmotnosť a hrúbka použitého materiálu. Pravdepodobne hrúbka materiálu, ktorá je ovplyvniteľná použitou väzbou vykazuje priamoúmerne výsledné hodnoty uhlu zotavenia. S rastúcou hrúbkou vzorky, stúpa uhol zotavenia. Teplotne-časová superpozícia bola zaznamenaná u atlasovej väzby pre teplotu 110°C a 130°C, ďalej u keprovej a rypsovej väzbe pre teplotu 130°C a 150°C.

Z vyjadrenia percentuálneho podielu deformácie je patrné, že pôsobením vyššej teploty na tvarovateľnosť sa elastická deformácia znižuje a plastická deformácia narastá. S porovnaním deformácie bez pôsobení teploty a s teplotou, dochádza k značnému poklesu elastickej deformácie. Viskoelastická deformácia pôsobením

zvyšujúcej sa teploty postupne zaniká. Z tohoto dôvodu je meranie uhlu zotavenia zbytočné vo veľkom časovom rozsahu (65 minút).

Pre spresnenie výsledkov uhlu zotavenia doporučujem modifikovať stávajúcu metódu nasledujúcimi spôsobmi. Zaistiť klimatické podmienky pre meranie vzorkou. Pre zvýšenie efektivity snímať uhol kratšiu dobu napr. 10 minút a to v častejších intervaloch, pretože pri vyššie uvedenom meraní dosiahol najväčší nárast deformácie v prvých minútach snímania. Vyhodnotenie vzoriek previesť za pomoci lepšieho softvéru, ktorý bude pracovať na princípe vrstiev, tzn. že jednotlivé snímky budú na sebe prekryté a čiastočne sprehl'adené.

Použitá literatura

- [1] STANĚK J., *Nauka o textilních materiálech*, VŠST v Liberci, 1986 .
- [2] HAVELKA A , HALASOVÁ A., *Technologie konfekčního tvarování*, KOD v Liberci
- [3] STANĚK J,KUBÍČKOVÁ M.: *Oděvní materiály*, VŠST v Liberci, 1987
- [4] KOVAČIČ V, *Zkoušení textilií* .Vysokoškolské skryptá, FT TUL, Liberec [cit.2008-04-15] URL: <https://skripta.ft.tul.cz/databaze/data/2006-03-22/12-38-08.pdf>
- [5] HAVELKA A, *Vybrané kapitoly tepelného a vlhkotepelného tvarování v konfekci*. Vysokoškolské skryptá, KOD TUL, Liberec [cit.2008-3-25].URL: <https://skripta.ft.tul.cz/databaze/data/2003-04-03/08-52-48.pdf>
- [6] *Deformace Materiálový výzkum*, 2006/2006 [cit.2008-3-10]URL: http://www.ateam.zcu.cz/staticke_zkouseni_cviceni.pdf
- [7] BLAŽEJ A, ŠUTÁ Š. *Vlastnosti textilných vláken*, 1982
- [8] BERGMANOVÁ V, CVRKAL A. *Tkaní a vazby tkanín*, FT TUL, Liberec. [cit.2008-04-5] URL: <https://skripta.ft.tul.cz/databaze/data/2007-11-20/10-12-27.pdf>
- [9] MIHAILOVIC T, *Complex estimation of bending elasticity of hemp woven fabric after washing treatment*, international Journal of Cloathing Science and Technology, 2006.
- [10] STANĚK J.: *Náuka o textilních materiálech díl I*, VŠST v Liberci, 1988
- [11] HORÁK Z., KRUPKA F, *Fyzika* ,SNTL Praha 1976
- [12] KOVAČIČ V, *Zkoušení textilií* , Vysokoškolské skryptá, FT TUL, Liberec [cit.2008-04-01]URL: [zkb https://skripta.ft.tul.cz/databaze/data/2006-03-22/12-35-35.pdf](https://skripta.ft.tul.cz/databaze/data/2006-03-22/12-35-35.pdf)
- [13] *Syntetické vlákna*. Vysokoškolské skryptá FT TUL, Liberec [cit.2008-04-08]URL: http://www.ft.vslib.cz/depart/ktm/files/synteticka_vlakna.pdf
- [16] ŠIMEK I. *Fyzika polymérov*, SVŠT v Bratislave, 1975
- [17] MILITKÝ J , *Textilní vlákna*, Vysokoškolské skryptá TUL Liberec, 2002 [cit.2008-04-10] URL: <https://skripta.ft.tul.cz/databaze/list.cgi?skr=18&pro>
- [20] WAGNER J, *Fyzika*, TUL liberec 1982
- [21] STANĚK J.: *Náuka o textilních materiálech díl část 3*, VŠST v Liberci, 1986
- [22] MILITKÝ J, VANIČEK J, *Vlastnosti vláken*, TUL v Liberci, 2002
- [23] SODOMKA L, *Struktura, vlastnosti, diagnostika, a nové technologie oddělování, spojování a pojení textilií*, TUL liberec, 2002

Zoznam obrázkov

Obrázok 1- Znázornené meranie uhlu zotavenia [4]	13
Obrázok 2- Pribeh deformácie po odl'ahčení vzorku [4]	14
Obrázok 3- Tepelná vodivosť	18
Obrázok 4- Bod P na ťahovej krivke textílie	21
Obrázok 5- Modul pružnosti v porovnaní 1Pes a 2Pad [3]	24
Obrázok 6- Elastická deformácia[17].....	26
Obrázok 7- Porovnanie časového priebehu deformácie a časového priebehu napätia elastickej látky.....	26
Obrázok 8- Viskoelastická deformácia [17]	27
Obrázok 9- Porovnanie časového priebehu napätia a časového priebehu deformácie viskózne látky	27
Obrázok 10- Plastická deformácia	28
Obrázok 11- Princíp časovo-teplotnej superpozície kriviek relaxačného modulu	29
Obrázok 12- Tepelne-časová superpozícia pri závislosti modulu relaxácie E od času pri konštantnej teplote.....	29
Obrázok 13- Vzorky materiálov a)atlas, b)keper c)ryps	30
Obrázok 14- Prístroj k meraniu hrúbky materiálu SDL M034A	31
Obrázok 15- Prístroj k meraniu ohybovej tuhosti TUHOMĚR TH-5.....	32
Obrázok 16- Schéma snímania uhlu zotavenia.....	32
Obrázok 17- Vzorka materiálu uchytená prítlačnou lištou a prítlačným šroubom	33
Obrázok 18 – Zaťaženie snímaného vzorku	33
Obrázok 19- Nasnímaný uhol zotavenia vzorky a odmeraný uhol v programe Lucie.....	34

Zoznam grafov

Graf 1 – Závislosť uhlu zotavenia na dobe relaxácie pri $T = 0^{\circ}$ pri dobe zaťaženia) 20s b) 40s pre všetky väzby	35
Graf 2– Závislosť uhlu zotavenia na dobe relaxácie pri $T = 110^{\circ}$ pri dobe zaťaženia a) 20s b) 40s pre všetky väzby	35
Graf 3– Závislosť uhlu zotavenia na dobe relaxácie pri $T = 130^{\circ}$ pri dobe zaťaženia a) 20s b) 40s pre všetky väzby	36

Graf 4 – Závislosť uhlu zotavenia na dobe relaxácie pri $T = 150^{\circ}$ pri dobe zaťaženia a) 20s b) 40s pre všetky väzby	36
Graf 5- Vplyv teploty a zaťaženia na relaxáciu uhlu zotavenia pre atlasovú väzbu v smere osnovy a útku.....	37
Graf 6- Vplyv teploty a zaťaženia na relaxáciu uhlu zotavenia pre keprovú väzbu v smere osnovy a útku.....	38
Graf 7- Vplyv teploty a zaťaženia na relaxáciu uhlu zotavenia pre rypsovú väzbu v smere osnovy a útku.....	38
Graf 8 – Vplyv doby zaťaženia na zotavenie plošnej textílie pre teplotu a) 0°C b) 110°C c) 130°C d) 150°C	39
Graf 9- Vyjadrenie podielu deformácie pre teplotu 0°C	41
Graf 10- Vyjadrenie podielu deformácie pre teplotu 110°C	41
Graf 11- Vyjadrenie podielu deformácie pre teplotu 130°C	41
Graf 12- Vyjadrenie podielu deformácie pre teplotu 150°C	42

Zoznam tabuliek

Tabuľka 1- Charakteristické a namerané hodnoty tkaniny.....	31
Tabuľka 2- Nameraný uhol zotavenia po 65 minútach snímania vzorku.....	39
Tabuľka 3- Závislosť %podielu elastickej deformácie teplôt 110,130,150 $^{\circ}\text{C}$ k 0°C	42
Tabuľka 4- Podiel elastickej, viskoelastickej a plastickej deformácie pre teplotu 0°C ..	43
Tabuľka 5- Podiel elastickej, viskoelastickej a plastickej deformácie pre teplotu 110°C	43
Tabuľka 6- Podiel elastickej, viskoelastickej a plastickej deformácie pre teplotu 130°C	43
Tabuľka 7- Podiel elastickej, viskoelastickej a plastickej deformácie pre teplotu 150°C	43

Prílohy a súbory

Elektronická verzia tejto dokumentácie obsahuje prílohy

Příloha CD

Text bakalárskej práce

Príloha 1 – Hodnoty snímaných vzorkou